

PCT

世界知的所有権機関
国際事務局
特許協力条約に基づいて公開された国際出願



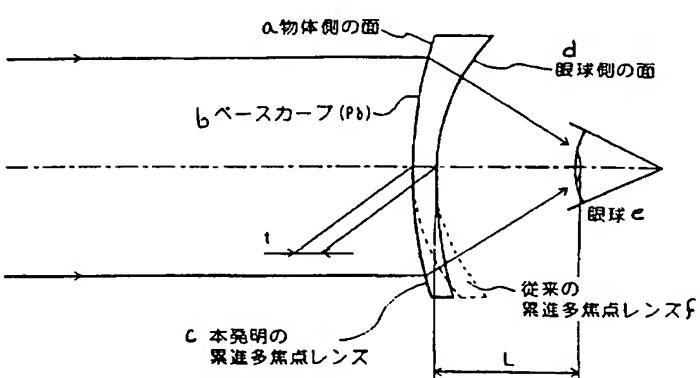
(51) 国際特許分類6 G02C 7/06	A1	(11) 国際公開番号 WO97/19382
		(43) 国際公開日 1997年5月29日(29.05.97)
(21) 国際出願番号 PCT/JP96/02973		
(22) 国際出願日 1996年10月11日(11.10.96)		
(30) 優先権データ 特願平7/306189 1995年11月24日(24.11.95) JP		
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION)[JP/JP] 〒163 東京都新宿区西新宿二丁目4番1号 Tokyo, (JP)		(81) 指定国 JP, SG, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(72) 発明者 ; および (75) 発明者／出願人 (米国についてのみ) 向山浩行(MUKAIYAMA, Hiroyuki)[JP/JP] 加藤一寿(KATO, Kazutoshi)[JP/JP] 〒392 長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内 Nagano, (JP)		添付公開書類 国際調査報告書
(74) 代理人 弁理士 横沢志郎, 外(YOKOZAWA, Shiro et al.) 〒390 長野県松本市中央3丁目8番28号 清水ビル2階 Nagano, (JP)		

(54) Title: GRADIENT INDEX MULTIFOCAL LENS, SPECTACLE LENS, AND MANUFACTURE OF GRADIENT INDEX MULTIFOCAL LENS

(54) 発明の名称 累進多焦点レンズ、眼鏡レンズおよび累進多焦点レンズの製造方法

(57) Abstract

A gradient index multifocal lens suitable for compensation for presbyopia, which has a gradient index plane inside, rather than outside as conventional. Since the lens can have the outer surface with a constant base curve, the variations in magnification caused by the shape factor can be prevented and the difference in magnification between near vision and far vision can be reduced. In addition, the variations in magnification in the gradient index plane can be suppressed. Therefore, this lens can reduce the shaking and distortion of images caused by the difference in magnification and can give a comfortable field of view. In addition, even when a lens for correcting astigmatism is made by using this multifocal lens, the lens can reduce the shaking and distortion of images, because the gradient index surface can be combined with a toric surface for correcting astigmatism on the eye-side surface.



- a ... outside surface
- b ... base curve (Pb)
- c ... gradient index progressive multifocal lens of this invention
- d ... inside surface
- e ... eye
- f ... conventional gradient index multifocal lens

(57) 要約

老視などの視力の補正に適した眼鏡レンズに用いられる累進多焦点レンズにおいて、従来、物体側の面に付加されていた累進屈折面を眼球側の面に設ける。これにより、物体側の面をベースカーブが一定の球面にできるので、倍率のシェーブ・ファクターによる変動を防止することが可能となり、遠用部と近用部の倍率差を縮小することができ、また、累進部の倍率の変化を抑制することができる。従って、倍率差による像の揺れや歪みを低減することができ、快適な視野が得られる累進多焦点レンズを提供することができる。さらに、本発明の合成式を用いて累進屈折面と乱視矯正用のトーリック面とを眼球側の面に合成することが可能となり、乱視矯正用の累進多焦点レンズにおいても像の揺れや歪みを低減することができる。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願をパンフレット第一頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AL	アルバニア	EE	エストニア	LR	リベリア	RU	ロシア連邦
AM	アルメニア	ES	スペイン	LS	レソト	SDE	スードアン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SEG	スウェーデン
AU	オーストラリア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SGG	シガボール
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LV	ラトヴィア	SIK	スロヴェニア共和国
BB	バルバドス	GB	イギリス	MC	モナコ	SK	スロヴァキア共和国
BE	ベルギー	GE	グルジア	MD	モルドバ	SN	セネガル
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MG	マダガスカル	SZ	スワジランド
BG	ブルガリア	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴスラ	TDD	チャード
BJ	ベナン	GR	ギリシャ	V	ヴィア共和国	TG	トーゴ
BR	ブラジル	HU	ハンガリー	ML	マリ	TJ	タジキスタン
BY	ベラルーシ	I	アイルランド	MN	モンゴル	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	IS	アイスランド	MR	モーリタニア	TR	トルコニダード・トバゴ
CF	中央アフリカ共和国	IT	イタリー	MW	マラウイ	TTA	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴー	JP	日本	MX	メキシコ	UAG	ウクライナ
CH	スイス	KE	ケニア	NE	ニジエール	UUA	ウガンダ
CI	コート・ジボアール	KG	キルギスタン	NL	オランダ	UUS	米国
CM	カメルーン	KGP	朝鮮民主主義人民共和国	NO	ノルウェー	VST	ベキスタン共和国
CN	中国	KR	大韓民国	NZ	ニュージーランド	VNU	ヴィエトナム
CZ	チェコ共和国	KZ	カザフスタン	PL	ポーランド	YU	ユーゴスラビア
DE	ドイツ	LK	リヒテンシュタイン	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	LK	スリランカ	RO	ルーマニア		

明 細 書

発明の名称

累進多焦点レンズ、眼鏡レンズおよび累進多焦点レンズの製造方法

5

技術分野

本発明は、視力補正用の累進多焦点レンズ、これを用いた眼鏡レンズおよび累進多焦点レンズの製造方法に関するものである。

10

背景技術

累進多焦点レンズは、屈折力の異なる2つの視野部分と、これらの間で屈折力が累進的に変わる視野部分とを備えたレンズであり、これらの視野部分に境目がなく外観的に優れ、さらに、1つのレンズで異なる屈折力の視野を得ることができる。このため、老視などの視力の補正機能を備えた眼鏡レンズとして多く用いられている。図25に、眼鏡レンズとして多く用いられている従来の累進多焦点レンズの一般的な構造を示してある。この累進多焦点レンズ1は、遠距離の物を見るための視野部分である遠用部11が上方に設けられ、近距離の物を見るために遠用部11と異なる屈折力を備えた視野部分が近用部12として遠用部11の下方に設けられている。そして、これら遠用部11と近用部12が、遠距離と近距離の中間距離の物を見るために連続的に変化する屈折力を備えた視野部分である累進部13によって滑らかに連絡されている。

眼鏡用に用いられる単板のレンズ1においては、眼球側の屈折面2と、注視する物体側の屈折面3の2つの面によって眼鏡レンズに要求される全ての性能、例えば、ユーザーの度数に合った頂点屈折力、乱

視を矯正するための円柱屈折力、老視を補正するための加入屈折力、さらには斜位を矯正するためのプリズム屈折力などを付与する必要がある。このため、図25に示すように、従来の累進多焦点レンズ1においては、これら遠用部11、近用部12および累進部13を構成するために連続的に変化する屈折力を与える累進屈折面5が物体側の屈折面3に形成され、眼球側の屈折面2は後述するように乱視矯正用の屈折面などとして用いられている。

図26に従来の累進多焦点レンズ1で得られる非点収差を示し、図27に従来の累進多焦点レンズ1の物体側の屈折面3に構成された累進屈折面5のz座標の概略分布を示してある。なお、屈折面3において、平面をx y座標として、このx y平面に対し垂直なレンズの厚みを示す方向をz座標とする。xおよびy座標の方向は特に規定する必要はないが、以下においては、眼鏡レンズとして装着したときに上下となる方向をy座標、左右の方向をx座標として説明する。

累進屈折面5は、屈折力を連続的に変化させるように非球面になるので、面の各領域によって曲率が変化する。従って、図26から判るように、眼球側の面2が球面となった乱視矯正用ではない累進多焦点レンズ1であっても、物体側の面3に累進屈折面5を導入すると、x方向およびy方向の曲率差によって表面に非点収差が発生する。この非点収差をディオプトリ（D）単位で表し、所定のディオプトリの領域を等高線でつないで示したものが図26に示した非点収差図である。

乱視を伴わない眼鏡の使用者（ユーザー）は、レンズに現れた非点収差が1.0ディオプトリ、望ましくは0.5ディオプトリ以下であれば、像のボケをそれほど知覚せずに明瞭な視覚が得られる。このため、遠用部から近用部に向かって延び、目の輻輳を加味して若干鼻側

に曲がった主注視線（へそ状子午線）14に沿って非点収差が1.0ディオプトリあるいは望ましくは0.5ディオプトリ以下となる明視域21を配置してある。特に、この主注視線14の上では、x方向およびy方向の曲率差をほとんど無くして非点収差が発生しないようにしている。従って、主注視線14からレンズ1の周囲に向かって非球面状になるので非点収差が大きく現れる。さらに、このような非点収差が大きく変動すると、ユーザーが視線を動かしたときに視線に沿って像がゆれて不快感を与える原因となる。このため、視線の動きの大きな遠用部11においては非点収差がそれほど変動しないように設定しており、また、その他の領域においても非点収差が大きく変動しないような累進屈折面5の設計がなされている。そして、レンズ1を眼鏡のフレームに合わせた形状に玉型加工して眼鏡用レンズ9を形成し、ユーザーに提供している。

図26および図27に示したレンズ1は、累進屈折面5の付加された物体側の面3の基本的な屈折力を示すベースカーブPbが4.00D、加入度数Paが2.00D、眼球側の面2の面屈折力D2が6.00D、レンズの中心厚さtが3.0mm、レンズ径dが70.0mmのレンズである。

図28に、眼球側の面2に、乱視を矯正するために円柱屈折力Cを備えたトーリック面6が形成された従来の乱視用の累進多焦点レンズ1を示してある。また、図29にこのレンズの非点収差図を示してあり、図30にトーリック面6のz座標を示してある。図29に非点収差を示したレンズは、円柱屈折力Cが-2.00Dのものであり、他の条件は図26に非点収差を示したレンズと同一である。この乱視用の累進多焦点レンズ1は、主注視線14に沿って乱視を矯正するために2.00Dの非点収差がほぼ均等に導入され、上記と同様に眼鏡フ

レームに沿って玉型加工することにより眼鏡レンズ9を形成することができる。

このように、累進屈折面を用いて遠用部から近用部に連続的に屈折力が変化する眼鏡用レンズが乱視矯正も含めて市販されており、視力の補正用として多く用いられている。⁵ 累進多焦点レンズは、視力の補正対象となる度数が大きく、また、遠用部と近用部の屈折力の差である加入度が大きいと、累進屈折面がさらに非球面化されるのでレンズに現れる非点収差も大きなものになる。このため、累進屈折面の形状を改良し、非点収差を通常使用するレンズの領域から外したり、¹⁰ 急激な非点収差の変動を防止してユーザーに快適な視野を提供できるよう¹⁵ している。非点収差の変動を抑制することにより像のゆれや歪みを改善できるが、累進多焦点レンズにおいては、遠用部と近用部の屈折力（パワー）の違いによつても像のゆれや歪みが発生する。すなわち、遠用部¹¹は遠方に焦点が合うような屈折力を備えており、一方、¹⁵ 近用部¹²は近傍に焦点が合うように遠用部¹¹と異なる屈折力を備えている。従つて、累進部¹³においては、倍率が徐々に変動するので、得られる像が揺れたり歪んだりするもう1つの主な原因となつて²⁰ いる。

累進屈折面の設計においては、多種多様な提案がすでになされ、また、²⁰ コンピュータの計算能力を生かした設計も盛んに行われており、累進屈折面の非点収差を改善して像のゆれや歪みを抑制するのはほぼ限界に達していると考えられる。そこで、本発明においては、累進多焦点レンズの遠用部と近用部の倍率の変動に起因する像の歪みや歪みを改善できる累進多焦点レンズを提供することを目的としている。²⁵ そして、現状、累進屈折面の設計では限界に達しつつある像の揺れ・歪みをさらに大幅に低減でき、ユーザーに対しさらに快適な視野を提供

できる累進多焦点レンズおよび眼鏡レンズを提供することを目的としている。また、像の揺れや歪みの発生しやすい遠用部と近用部の度数の差（加入度）の大きなユーザーに対しても、揺れや歪みが少なく明瞭な視野を提供できる累進多焦点レンズおよび眼鏡レンズを提供することを目的としている。

発明の開示

このため、本願の発明者らは、累進多焦点レンズの倍率に与える累進屈折面の配置に着目し、累進屈折面を眼球側の面にもつてくることにより、遠用部と近用部における倍率の差を縮小でき、これに起因する像の揺れや歪みを大幅に低減できることを見いだした。すなわち、本発明の、異なる屈折力を備えた遠用部および近用部と、これらの間で屈折力が累進的に変化する累進部とを備えた視力補正用の累進多焦点レンズにおいては、累進多焦点レンズの眼球側の面に遠用部、近用部および累進部を構成するための累進屈折面の曲率が付加されていることを特徴としている。

レンズの倍率 S_M は、一般的に次の式で表される。

$$S_M = M_p \times M_s \quad \dots \quad (1)$$

ここで、 M_p はパワー・ファクター、また、 M_s はシェーブ・ファクターと呼ばれ、図 1 に示すように、レンズの眼球側の面の頂点（内側頂点）から眼球までの距離を L 、内側頂点の屈折力（内側頂点屈折力）を P_o 、レンズ中心の厚みを t 、レンズの屈折率を n 、レンズの物体側の面のベースカーブ（屈折力）を P_b とすると以下のように表される。

$$M_p = 1 / (1 - L \times P_o) \quad \dots \quad (2)$$

$$M_s = 1 / (1 - (t \times P_b) / n) \quad \dots \quad (3)$$

なお、式(2)および(3)の計算にあたっては、内側頂点屈折力 P_o およびベースカーブ P_b についてはディオプトリ(D)を、また、距離 L および厚み t についてはメートル(m)を用いる。

遠用部および近用部において視力の補正に寄与するのは内側頂点屈折力 P_o であり、同一の内側頂点屈折力 P_o の得られるレンズであれば、物体側の面のベースカーブ P_b の変動を抑制することにより、倍率 S_M の変化を抑えられることが判る。例えば、凸面となる物体側の面のベースカーブ P_b を一定にすれば、シェープ・ファクター M_s による倍率 M_S の変動をなくすことができる。しかしながら、図1に破線で示したように、累進屈折面を物体側の面に設けたのでは、物体側のベースカーブ P_b を一定することはできず、さらに、加入度が大きくなるにつれてシェープ・ファクター M_s の変動も大きくなり像の揺れや歪みが増大する。そこで、本発明においては、累進屈折面をレンズの凹面となる眼球側の面に持ってくることにより、図1に実線で示したように物体側の面のベースカーブ P_b の変動を抑制し、例えば、ベースカーブが一定となる球面の累進多焦点レンズを提供できるようしている。従って、本発明の累進多焦点レンズにおいては、遠用部と近用部の倍率差を必要最小限に止めることができ、また、累進部における倍率の変動も抑制できるので、像の歪みや揺れを低減することが可能となる。このため、本発明により、非点収差による性能は従来の累進多焦点レンズと同程度であっても、像のゆれ・ゆがみが低減された累進多焦点レンズおよび眼鏡レンズを提供することができ、ユーザーにさらに快適な視野を提供することができる。特に、加入度の大きな累進多焦点レンズにおいては、ゆれ・ゆがみを大幅に低減することができる。

図2に、ベースカーブ P_d が5.00D、加入度 P_a が3.00D

、球面屈折力 S が 2.00 D、屈折率 n が 1.662、距離 L が 15.0 mm の本発明の累進多焦点レンズで得られる倍率を例として、従来の物体側に累進屈折面を備えた累進多焦点レンズで得られる倍率と比較して示してある。本図から判るように、本発明の累進多焦点レンズにおいては、遠用部と近用部の倍率差が従来の倍率差の 80% に抑制できており、大幅に像の揺れや歪みを防止できることが判る。

さらに、図 3 に示すように、加入度 P_a が大きくなるにつれて、この効果は顕著である。図 3 は、上記のレンズに対してベースカーブ P_d を 4.00 D、球面屈折力 S を 0.00 D とした本発明に係る眼球側の面（凹面）に累進屈折面を設けた累進多焦点レンズの遠用部と近用部の倍率差を例として示してある。また、これと比較できるように、物体側の面（凸面）に累進屈折面を設けた従来の累進多焦点レンズの遠用部と近用部の倍率差も示してある。本図から判るように、本発明の累進多焦点レンズにおいては、加入度 P_a にして 1 ランク (P_a の差が 0.25 D 程度) 下から高加入度においては 2 ランク下の従来の累進多焦点レンズと同じ程度の倍率差にすることが可能であり、その結果、ユーザーが得る像の揺れや歪みにおいても、従来の 1 ランクあるいは 2 ランク下の加入度のレンズと同程度に抑制することができる。

本発明の累進多焦点レンズにおいては、眼球側の面に累進屈折面の曲率を付与するために、主注視線に沿った累進屈折面の曲率（曲率半径の逆数）は、遠用部と比較し近用部の方が小さくなる。また、遠用部においては少なくとも 1 部の領域で累進屈折面の曲率が主注視線から離れるに従って小さくなつており、また、近用部においては少なくとも 1 部の領域で累進屈折面の曲率が主注視線から離れるに従って大きくなる。

また、老視が殆ど進んでいないユーザーから、老視が進み調整力のほとんど無くなったユーザーまでの広い範囲に対して加入度が0.5～3.5の範囲の累進多焦点レンズで対応することが可能であり、図3に示したように、この範囲内において本発明の累進多焦点レンズにおいては像の揺れや歪みの改善に大きな効果が得られることが判る。この範囲の加入度は、本発明の累進多焦点レンズの物体側の面が回転対称な面のときに、遠用部の主注視線の近傍の眼球側の平均面屈折力D1と、近用部の主注視線の近傍の眼球側の平均面屈折力D2を用いて次のように表される。

$$0.5 \leq (D_1 - D_2) \leq 3.5 \quad \dots \quad (4)$$

さらに、累進屈折面としては、主注視線上において累進屈折面を構成する上で非点収差を最小限することが望ましく、そのためには、主注視線の少なくとも1部の領域で、累進屈折面の曲率は直交する2方向の曲率が等しくなるようにすることが望ましい。

本発明の累進多焦点レンズにおいては、眼球側の面に累進屈折面を設けるので、眼球側の面に乱視矯正用のトーリック面の曲率も付加することにより、眼球側の面が乱視矯正特性を有する乱視矯正用の累進多焦点レンズを提供することができる。すなわち、眼球側の面が累進屈折面であり、さらに、円柱屈折力を有する累進多焦点レンズを提供することができる。そして、本発明の乱視矯正特性を備えた累進多焦点レンズを眼鏡レンズとして採用することにより、眼球側の面に累進屈折面を設けてあるので上述したように遠用部と近用部の倍率差を必要最小限に止めることができ、乱視を矯正することができると共に像の歪みや揺れが少なく、乱視を有するユーザーに対してもさらに快適な視野を提供することができる。

眼球側の面に視力補正特性と乱視矯正特性とが付加された累進多焦点

点レンズは、眼球側の面が所望の視力補正特性を発揮することのみを目的として累進屈折面（以降においてはオリジナル累進屈折面）を求める第1の工程と、眼球側の面が所望の所望の乱視矯正特性を発揮することのみを目的としてトーリック面（以降においてはオリジナルトーリック面）を求める第2の工程と、累進多焦点レンズの眼球側の面を、オリジナル累進屈折面およびオリジナルトーリック面から求める第3の工程とを有する製造方法を用いることにより製造することができる。オリジナル累進屈折面とオリジナルトーリック面とが合成された累進屈折面を眼球側の面に持ってくることにより、トーリック面を用いた乱視の矯正機能、および乱視の矯正以外の累進屈折面を用いた視力補正機能の両者を備え、さらに、ゆれや歪みの少ない累進多焦点レンズを実現することができる。

上述した第3の工程において、乱視矯正特性を備えたオリジナルトーリック面を構成するためのz座標の値に、視力補正特性を備えたオリジナル累進屈折面を構成するz座標の値を付加して乱視矯正特性を備えた累進屈折面を構成することも可能である。しかしながら、本願発明者が検討した結果によると、従来の物体側が累進屈折面で眼球側がトーリック面の乱視矯正用の累進多焦点レンズと同等の乱視を矯正する性能（非点収差特性）を得るためにには、次の式（5）に示すような合成式を用いて累進屈折面を構成することが望ましい。すなわち、第3の工程では、累進多焦点レンズの眼球側の面の任意の点P（X, Y, Z）における値Zを、オリジナル累進屈折面の近似曲率C_p、オリジナルトーリック面のx方向の曲率C_xおよびy方向の曲率C_yとを用いて次の式（5）によって求めることにより、従来の累進多焦点レンズと同等の乱視を矯正する能力と視力を補正する能力を備え、さらに、倍率差が小さく揺れや歪みの改善された乱視矯正用の累進多焦点

点レンズを提供することができる。

$$Z = \frac{(C_p + C_x) X^2 + (C_p + C_y) Y^2}{1 + \sqrt{(1 - (C_p + C_x)^2 X^2 - (C_p + C_y)^2 Y^2)}} \quad \dots \quad (5)$$

- ここで、眼鏡装用状態において、物体側から眼球側に累進屈折面の中心を通る軸を z 軸、下方から上方に向かい z 軸に直交する軸を y 軸、左から右に向かい z 軸に直交する軸を x 軸としたとき、 X および Y は、それぞれ眼球側の面の x および y 座標の任意の点の座標を示し、 Z は眼球側の面の垂直方向の z 座標を示す。また、曲率 C_p は、オリジナル累進屈折面の任意の点 p (X, Y, Z) における近似曲率であり、曲率 C_x は乱視矯正用のトーリック面の x 方向の曲率、曲率 C_y は y 方向の曲率である。なお、本例においては、近似曲率 C_p として半径方向の平均曲率を採用しており、オリジナル屈折面上の任意の点 p (X, Y, Z) を含み z 軸（レンズ中心または内側頂点 ($0, 0, 0$) を通る）に垂直な $x-y$ 平面において、点 p と回転対称にある点 p' ($-X, -Y, Z$) および内側頂点 ($0, 0, 0$) の 3 点を通る円の半径の逆数を用いている。ただし、オリジナル累進屈折面上の点 p が内側頂点に位置するときは、半径方向平均曲率 C_p を定義しないで（5）式において $Z = 0$ としている。
- 本発明においては、このような合成式（5）を採用することにより、眼球側の面にオリジナル累進屈折面とオリジナルトーリック面の特性を付加することが可能である。従って、眼球側に視力補正用の累進屈折面を備えた累進多焦点レンズ、さらに、眼球側に視力補正用と乱視矯正用の両者の特性を有する累進屈折面を備えた累進多焦点レンズを提供することが可能であり、乱視を持たないユーザーから乱視の矯正が必要なユーザーまでの範囲をカバーできる幅広い範囲の眼鏡レン

ズを実現できる。このため、全てのユーザーに対し累進多焦点レンズを用いた揺れや歪みの少ない眼鏡レンズをシリーズ化して市場に提供することが可能になる。

また、眼球側に累進屈折面を設けた累進多焦点レンズにおいても、
5 基底 270 度方向のプリズムを付加することにより、薄型化することが可能である。また、遠用部の頂点屈折力 P_s と、加入屈折力（加入度） P_a と、累進多焦点レンズの物体側の面の屈折力（ベースカーブ） P_b が次の式を満足するように設定することにより、眼鏡レンズに適したメニスカスレンズとして本発明の眼球側に累進屈折面を備えた
10 累進多焦点レンズを提供することができる。

$$P_b > P_s + P_a \quad \dots \quad (6)$$

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の累進多焦点レンズの概要を示す説明図である。

15

図 2 は、本発明の累進多焦点レンズの遠用部の倍率、近用部の倍率および遠用部と近用部の倍率差の例を表にして従来の累進多焦点レンズと比較して示す図である。

20 図 3 は、本発明の累進多焦点レンズの加入度毎の遠用部と近用部の倍率差の例を表にして従来の累進多焦点レンズと比較して示す図である。

25 図 4 は、本発明の実施例 1 に係る累進多焦点レンズの概要を示す図であり、図 4 (a) は正面図、図 4 (b) は主注視線に沿った断面図である。

図 5 は、図 4 に示す累進多焦点レンズの非点収差を示す図である。

図 6 は、図 4 に示す累進多焦点レンズの眼球側の面の z 座標を示す図である。

図 7 は、図 4 に示す累進多焦点レンズの主注視線に沿った眼球側の面の曲率半径（曲率の逆数）を示す図である。

図 8 は、図 4 に示す累進多焦点レンズの主注視線に直交する方向の眼球側の面の曲率半径を示す図であり、図 8 (a) は遠用部の曲率半径を示し、図 8 (b) は近用部の曲率半径を示す図である。

図 9 は、図 4 に示す累進多焦点レンズに 270 度基底のプリズムを施す様子を示す図であり、図 9 (a) はプリズムを施さない例の累進多焦点レンズの断面を示し、図 9 (b) はプリズムを施した例の累進多焦点レンズの断面を示してある。

図 10 は、本発明の実施例 2 に係る累進多焦点レンズの概要を示す図であり、図 10 (a) は正面図、図 10 (b) は主注視線に沿った断面図である。

図 11 は、図 10 に示す累進多焦点レンズの非点収差を示す図である。

図 12 は、図 10 に示す累進多焦点レンズの眼球側の面の z 座標を

示す図である。

図 1 3 は、本発明の視力補正能力と乱視矯正能力とを備えた累進多焦点レンズの製造方法を示すフローチャートである。

5

図 1 4 は、本発明の視力補正能力と乱視矯正能力とを備えた累進多焦点レンズの遠用部と近用部の倍率差の例を表にして従来の累進多焦点レンズと比較して示す図である。

10 図 1 5 は、本発明の実施例 2 においてオリジナル累進屈折面とオリジナルトーリック面を加算したレンズの概要を示す図であり、図 1 5 (a) は正面図、図 1 5 (b) は主注視線に沿った断面図である。

15 図 1 6 は、図 1 5 に示すレンズの非点収差を示す図である。

図 1 7 は、図 1 5 に示すレンズの眼球側の面の z 座標を示す図である。

20 図 1 8 は、図 1 0 に示す本発明の実施例 2 の累進多焦点レンズの主注視線に沿った非点収差の変化を、図 2 8 に示す従来の累進多焦点レンズおよび図 1 5 に示すレンズのそれと共に示すグラフである。

25 図 1 9 は、本発明の異なる実施例の累進多焦点レンズの非点収差を示す図である。

図 2 0 は、図 1 9 に示した累進多焦点レンズに対する従来の累進多焦点レンズの非点収差を示す図である。

図 2 1 は、図 1 9 に対応して合成式を用いずに形成した累進多焦点レンズの非点収差を示す図である。

図 2 2 は、本発明のさらに異なる実施例の累進多焦点レンズの非点収差を示す図である。

図 2 3 は、図 2 2 に示した累進多焦点レンズに対する従来の累進多焦点レンズの非点収差を示す図である。

図 2 4 は、図 2 2 に対応して合成式を用いずに形成した累進多焦点レンズの非点収差を示す図である。

15

図 2 5 は、従来の累進多焦点レンズの概要を示す図であり、図 2 5 (a) は正面図、図 2 5 (b) は主注視線に沿った断面図である。

図 2 6 は、図 2 5 に示す累進多焦点レンズの非点収差を示す図である。

図 2 7 は、図 2 5 に示す累進多焦点レンズの物体側の累進屈折面の z 座標を示す図である。

25 図 2 8 は、従来の乱視矯正用の累進多焦点レンズの概要を示す図であり、図 2 8 (a) は正面図、図 2 8 (b) は主注視線に沿った断面

図である。

図29は、図28に示す累進多焦点レンズの非点収差を示す図である。

5

図30は、図28に示す累進多焦点レンズの眼球側のトーリック面のz座標を示す図である。

10 発明を実施するための最良の形態

以下に、本発明に基づき設計した幾つかの累進多焦点レンズに基づき、本発明をさらに詳しく説明する。

〔実施例1〕

15 図4に、本発明の眼球側の面2に累進屈折面5を設けた累進多焦点レンズ10を示してある。本例の累進多焦点レンズ10は、図25に示した従来の累進多焦点レンズと同様に、上方に遠距離の物を見るための視野部分である遠用部11が設けられ、下方に近距離の物を見るために遠用部11と異なる屈折力を備えた視野部分が近用部12として設けられており、さらに、これら遠用部11と近用部12を連続的に屈折力が変化する累進部13によって滑らかに連絡された累進多焦点レンズである。本例の累進多焦点レンズ10は、遠用部11、近用部12および累進部13を構成するために非球面となる累進屈折面5を眼球側の面2に設けてある。このため、物体側の面3はベースカーブPdが一定となる球面に成形することができる。従って、上記において、式(1)～(3)を用いて説明したように、遠用部11と近用

部 1 2 の倍率差が小さくなつており、累進部 1 3 においては倍率が変化する割合を小さくすることができる。従つて、従来の物体側の面に累進屈折面を設けた累進多焦点レンズに比べ、倍率差に起因する像の揺れや歪みを大幅に低減することができる。

図 5 および図 6 に、眼球側の面 2 に累進屈折面を設けた本発明の累進多焦点レンズ 1 0 の非点収差図と、眼球側の面 2 、すなわち、累進屈折面 5 の z 座標を示してある。本例の累進多焦点レンズ 1 0 は、先に図 2 6 および図 2 7 に基づき説明した、物体側の面 3 に累進屈折面を設けた従来の累進多焦点レンズと同程度の非点収差が得られるよう 5 に設計されている。図 5 および図 6 に示した本例の累進多焦点レンズ 1 0 は、物体側の面 3 が球面であり、その屈折力を示すベースカーブ P_b は 4. 0 0 D に一定となっている。眼球側の面 2 については、遠用部 1 1 の平均面屈折力が 6. 0 0 D 、近用部 1 2 の平均面屈折力が 10 4. 0 0 D であり、加入度数 P_a が 2. 0 0 D に設定されている。ま 15 た、遠用部 1 1 の球面屈折力 S は -2. 0 0 D で、レンズの中心厚さ t が 3. 0 m m 、レンズ径 d が 70. 0 m m となっている。このような条件下で図 4 に示したような累進屈折面 5 を眼球側の面 2 に設ける 20 ことができ、その結果、図 5 に示すような非点収差を持つた累進多焦点レンズ 1 0 を得ることができる。図 5 に示した本例の累進多焦点レンズ 1 0 の非点収差は、図 2 6 に示した従来の累進多焦点レンズの非点収差とほぼ同じであり、眼球側の面 2 に累進屈折面 5 を設けても非点収差に関しては従来の物体側の面 3 に累進屈折面を設けた累進多焦点レンズと同等の性能を持った累進多焦点レンズ 1 0 を実現できるこ 25 とが判る。

従つて、本例の累進多焦点レンズ 1 0 は、非点収差については、従来と同等の性能を備え、明視領域が十分に確保され、非点収差の変動

に起因する像の歪みや揺れの少ない累進多焦点レンズである。さらに、遠用部 1 1 と近用部 1 2 との倍率差について比較すると、本例の累進多焦点レンズ 1 0 においては、遠用部 1 1 の倍率が 0. 9 7 6、近用部 1 2 の倍率が 1. 0 0 7 であり、その差は 0. 0 3 1 である。これに対し、図 2 5 に示した従来の物体側に累進屈折面が設けられたレンズ 1 においては、遠用部の倍率が 0. 9 7 6、近用部の倍率が 1. 0 1 1 であり、その差は 0. 0 3 5 である。従って、本例の累進多焦点レンズ 1 0 においては、遠近の倍率差が従来の 1 2 ~ 1 3 % 程度改善できていることが判る。このように倍率差が縮小されることにより、本例の累進多焦点レンズ 1 0 においては、倍率差に起因して累進多焦点レンズに起きる像の揺れや歪みを従来にも増して改善することが可能になる。このため、本例の累進多焦点レンズ 1 0 を眼鏡フレームに合わせて玉型加工することにより、明るく、揺れや歪みが大幅に改善された眼鏡レンズ 9 を提供することができる。

本例の眼球側の面 2 に設けられた累進屈折面 5 についてさらに説明する。図 7 に主注視線 1 4 に沿った累進屈折面 5 の曲率半径の変化を示してある。本図の z 座標は、注視する物体の方向を負に、眼球の方向を正に設定してある。主注視線 1 4 に沿った累進屈折面 5 の曲率半径のうち、上方の遠用部 1 1 を構成する曲率半径を r_1 、近用部 1 2 を構成する曲率半径を r_2 とすると、眼鏡用の累進多焦点レンズにおいては遠用部 1 1 の屈折力の値は近用部 1 2 の屈折力の値より小さく、すなわち、遠用部 1 1 の屈折力の値から近用部 1 2 の屈折力の値を差し引くと負になるように設定してあるので、本例の累進多焦点レンズ 1 0 の曲率半径 r_1 は曲率半径 r_2 より小さくなる。従って、それ 25 その曲率半径 r_1 および r_2 の逆数である曲率 C_1 および C_2 で表すと、遠用部 1 1 の曲率 C_1 と近用部 1 2 の曲率 C_2 は次の関係を満

たす必要がある。

$$C_1 > C_2 \dots (7)$$

また、遠用部 1 1 の主注視線 1 4 に対して直交する方向 1 5 の曲率半径は、図 8 (a) に示すように、曲率半径の大きな近用部 1 2 と連続的な累進部 1 3 を構成するために主注視線 1 4 から離れるに従って大きくなる領域を備えている。一方、近用部 1 2 の主注視線 1 4 に対して直交する方向 1 6 の曲率は、図 8 (b) に示すように曲率半径の小さな遠用部 1 1 と連続的な累進部 1 3 を構成するために主注視線 1 4 から離れるに従って小さくなる領域を備えている。すなわち、遠用部 1 1 の主注視線 1 4 と直交する方向 1 5において、主注視線 1 4 の近傍の曲率半径を r_3 、主注視線 1 4 から 5 ~ 35 mm 程度はなれた領域の曲率半径を r_4 とすると曲率半径 r_3 は r_4 と同じあるいは小さくなる。これを曲率半径 r_3 および r_4 の逆数である曲率 C_3 および C_4 で表すと、遠用部 1 1においては、主注視線 1 4 の近傍の曲率 C_3 に対し主注視線 1 4 から離れた領域の曲率 C_4 は次の関係を満たす。

$$C_3 \geq C_4 \dots (8)$$

遠用部 1 1 を構成する眼球側の面 2 を球面として遠用部 1 1 に広い明視域を確保し、累進部 1 3 を近用部 1 2 の近傍に集中することももちろん可能であり、この場合は、遠用部 1 1においては、曲率 C_3 と曲率 C_4 が等しくなる。

一方、近用部 1 2 の主注視線 1 4 と直交する方向 1 6において、主注視線 1 4 の近傍の曲率を r_5 、主注視線 1 4 から 5 ~ 35 mm 程度はなれた領域の曲率を r_6 とすると曲率 r_5 は r_6 と同じあるいは大きくなる。従って、曲率半径 r_5 および r_6 の逆数である曲率 C_5 および C_6 で表すと、近用部 1 2においては、主注視線 1 4 の近傍の曲

- 1 9 -

率 C 5 に対し主注視線 1 4 から離れた領域の曲率 C 6 は次の関係を満たす。

$$C_5 \leq C_6 \quad \dots (9)$$

近用部 1 2 においても、眼球側の面 2 を球面として近用部 1 2 に広い明視域を確保し、累進部 1 3 を遠用部 1 1 の近傍に集中することが可能であり、この場合は、近用部 1 2 においては、曲率 C 5 と曲率 C 6 が等しくなる。

なお、主注視線 1 4 に対し水平側方に向かった上記 (8) および (9) 式の曲率半径の変化は、主注視線 1 4 に直交する方向 1 5 および 1 6 の曲率を例にとって説明したが、特に方向に対し厳密な限定はなく、主注視線 1 4 から遠ざかるにつれ平均的な曲率が上記 (8) および (9) 式を満足していれば良い。

本例の眼鏡レンズ 9 をユーザーが装着した場合は、主注視線 1 4 に沿って眼球が動くことが多い。このため、乱視の矯正を必要としない累進多焦点レンズ 1 0 においては、像の歪みや揺れを防止するために主注視線 1 4 をへそ点の集合で構成することが望ましい。従って、上述した各曲率 C 1、C 2、C 3 および C 5 の間に次の関係が成り立つ。

$$C_1 = C_3$$

$$C_2 = C_5 \quad \dots (10)$$

このとき、主注視線 1 4 に沿った遠用部 1 1 の眼球側の面 2 の平均面屈折力 D 1 と、近用部 1 2 の眼球側の面 2 の平均面屈折力 D 2 は次の式で表される。

$$D_1 = (n - 1) \times C_1$$

$$D_2 = (n - 1) \times C_2 \quad \dots (11)$$

ここで、n は本例の累進多焦点レンズ 1 0 を構成するレンズ材の屈折

率である。

本例の累進多焦点レンズ10は、物体側の面3が球面で構成されているので、加入度 P_d は遠用部11の平均面屈折力 D_1 と近用部12の平均面屈折力 D_2 の差で表すことができる。さらに、式(7)に示したように遠用部11の曲率 C_1 が近用部12の曲率 C_2 よりも大きいので、眼球側の面2においては、遠用部11の平均面屈折力 D_1 は近用部12の平均面屈折力 D_2 よりも大きくなる。上記において図3に基づき説明したように、本発明の累進多焦点レンズ10を用いることにより、調整力のほとんどないユーザー用の加入度が3.5ディオプトリの累進多焦点レンズから、老視がほとんど進んでいない加入度が0.5ディオプトリの累進多焦点レンズの広い範囲内で、遠用部11と近用部12の倍率差を縮小することができ、像の揺れや歪みを抑制してユーザーに快適な視野を提供することができる。例えば、調節力の全く無い装用者でも3.50ディオプトリーあれば無限遠方から約30cmまでを明視できる。この加入度の範囲を遠用部11および近用部12の平均面屈折力 D_1 および D_2 を用いて示すと、先に説明したように次の式(4)となる。

$$0.5 \leq (D_1 - D_2) \leq 3.5 \quad \dots \quad (4)$$

乱視の矯正を行うためにトーリック面が眼球側の面2に付加された場合は、次の実施例に示すように主注視線14はへそ点の集合とはならず、乱視を矯正するために主注視線14に沿ってほぼ一定の非点収差が付加される。

また、詳しくは特公平2-39768号に開示されているように、眼鏡レンズをより薄型化し、また、規格化するなどの原因により主注視線14に沿って屈折力に方向性が生じてしまう場合は、その屈折力による非点収差を打ち消す方向に、曲率差による非点収差を発生させ

ることが望ましい。従って、このような場合は、主注視線 1 4 に沿った曲率 C 1 および C 2 と、これに直交する方向の曲率 C 3 および C 5 に差を設けることが望ましい。本例の眼球側の面 2 に累進屈折面 5 を設けた累進多焦点レンズ 1 0においては、レンズ外周部にゆくほど主注視線 1 4 に沿った屈折力 P t の方が直交する方向の屈折力 P s よりも一般にプラスの度数が得られるようになる。従って、このような場合は、屈折力 P t および P s による非点収差を打ち消すために、以下の式 (1 2) に示すように、主注視線 1 4 に沿った曲率 C 1 および C 2 を、直交する方向の曲率 C 3 および C 5 より若干大きくすることが望ましい。

$$\begin{aligned} C_1 &> C_3 \\ C_2 &> C_5 \quad \dots (12) \end{aligned}$$

また、図 9 (a) に示すように、本例の累進多焦点レンズ 1 0 は、眼球側の面 2 が累進屈折面 5 になっているので近用部 1 2 に対し遠用部 1 1 のレンズが厚くなる。従って、累進多焦点レンズ 1 0 を薄く、軽くするためには、視力矯正を目的としない基底 270 度方向のプリズムを付加することが望ましい。これにより、図 9 (b) に示すように非常に薄い累進多焦点レンズ 1 0 を実現することができる。なお、プリズム基底の方向は、レンズの眼球側の面 2 に垂直に入射した光線がプリズム効果によって振れる方向を、物体側の面 3 から見て水平線を基準に反時計回りの角度で示している。また、この際に付加するプリズム量は、0.25 ~ 3.00 プリズムディオプトリの間で、ユーザーに対し最適な値を選択することができる。

また、本例の累進多焦点レンズ 1 0 において、眼鏡レンズに適した物体側の面 3 が凸面で、眼球側の面 2 が凹面とするためには、遠用部 1 1 の内側頂点の屈折力（頂点屈折力）P s と、加入屈折力（加入度

- 2 2 -

) P_aと、累進多焦点レンズの物体側の面2の屈折力(ベースカーブ)
) P_bが上述した次の式(6)を満足するように設定する必要がある
。

$$P_b > P_s + P_a \quad \dots \quad (6)$$

この式(6)を満足するように頂点屈折力P_s、加入度P_aおよびベースカーブP_bを選択することにより、メニスカス形状の累進多焦点レンズ10とすることができます、顔面にフィットする眼鏡レンズを提供できる。

〔実施例2〕

図10に、本発明の眼球側の面2に累進屈折面5およびトーリック面6の特性を設けた累進多焦点レンズ10を示してある。なお、以降においては、眼球側の面2に形成される視力補正特性および乱視矯正特性の両方の機能を備えた本例の累進屈折面と区別するために、眼球側の面が所望の視力補正特性(乱視矯正特性以外の特性)を発揮することのみを目的として設定された累進屈折面をオリジナル累進屈折面と呼び、眼球側の面が所望の乱視矯正特性を発揮することのみを目的として設定されたトーリック面をオリジナルトーリック面と呼ぶことにする。

本例の累進多焦点レンズ10は、図13にフローチャートを用いて示すような手順で設計され製造される。まず、ステップST1において、ユーザーの老視の程度や眼鏡の使い方などの状況に合わせたパラメータによってオリジナル累進屈折面を求め、その結果を座標あるいは曲率などとして記憶する。これと前後して、ステップST2において、ユーザーの乱視を矯正するためのオリジナルトーリック面を求め、その結果を曲率として記憶する。もちろん、座標として記憶するこ

とも可能である。そして、ステップ S T 3において、ステップ S T 1 および S T 2 の結果を用いて、視力補正特性および乱視矯正特性を備えた眼球側の面の各座標を求める。本例においては、ステップ S T 3において、上述したような次の合成式(5)を用い眼球側の面 2 の z 座標の値 Z を求めている。

$$Z = \frac{(C_p + C_x) X^2 + (C_p + C_y) Y^2}{1 + \sqrt{(1 - (C_p + C_x)^2 X^2 - (C_p + C_y)^2 Y^2)}} \quad \dots \quad (5)$$

そして、この合成式(5)を用いることにより、図 2 8 に示した従来の累進多焦点レンズと同様に、視力の補正のために乱視の矯正を行う機能を備えた累進多焦点レンズを提供できるようにしている。

図 1 1 に、図 2 9 に示した物体側の面 3 に累進屈折面を設け眼球側の面 2 にトーリック面を設けた従来の累進多焦点レンズに対応する、本発明の累進多焦点レンズ 1 0 の非点収差図を示してある。また、図 1 2 に本例の累進多焦点レンズ 1 0 の z 座標の値を示してある。上記の式(5)を用いて図 6 に示したオリジナル累進屈折面 5 と、図 3 0 に示したオリジナルトーリック面 6 を合成することにより、図 1 2 に示したような z 座標の値 Z を備えた眼球側の面 2 を合成することができる。この眼球側の面 2 と球面状の物体側の面 3 を用いて本例の累進多焦点レンズ 1 0 が形成されており、図 1 1 に示すような図 2 9 とほぼ同一の非点収差特性を備えた乱視矯正用の累進多焦点レンズを得ることができる。従って、本発明により、物体側の面 3 に累進屈折面が設けられ眼球側の面 2 にトーリック面が設けられた従来の累進多焦点レンズと同等の視力補正能力と乱視矯正能力を備えた累進多焦点レンズ 1 0 を得ることができる。

このように、本例においては、眼球側の面に視力補正用の累進屈折

面の曲率に加え乱視矯正用のトーリック面の曲率を付加でき、眼球側の面が乱視矯正特性も有するように、すなわち、円柱屈折力を有するようになることができる。従って、視力補正能力と乱視矯正能力を備えた累進屈折面を眼球側に用意できるので、視力補正能力と乱視矯正能力に加え、遠用部 11 と近用部 12 の倍率差を少なくでき、像の揺れや歪みが改善された累進多焦点レンズ 10 を提供することができる。本例の累進多焦点レンズ 10 の遠近の倍率差は、図 14 に示すように、従来のレンズと比較すると、90 度方向および 180 度方向のいずれにおいても 12 ~ 13 % は改善できており、本発明により、乱視矯正用の累進多焦点レンズにおいても、揺れや歪みを少なくできることが判る。従って、本例の累進多焦点レンズ 10 を眼鏡フレームに沿って玉型加工することにより、視力と乱視を矯正でき、像の揺れや歪みの非常に少ない眼鏡レンズ 9 を提供することが可能となる。このため、本発明の眼鏡レンズ 9 により、乱視を持ったユーザーに対しても快適な視野を提供することができる。

なお、図 11 および図 12 に示した累進多焦点レンズ 10 は、物体側の面 3 の屈折力を示すベースカーブ P_b は 4.00 D で一定となっている。眼球側の面 2 は、トーリック面を合成する前の累進屈折面 5 が実施例 1 と同じく遠用部 11 の平均面屈折力が 6.00 D、近用部 12 の平均面屈折力が 4.00 D、加入度数 P_a が 2.00 D に設定されており、これに対し、乱視軸が 90 度で、球面屈折力 S が -2.00 D、円柱屈折力 C が -2.00 D のトーリック面が合成されている。また、レンズの中心厚さ t が 3.0 mm、レンズ径 d が 70.0 mm となっている。

図 15 に、上記の合成式 (5) を用いる代わりに、図 6 に示したオリジナル累進屈折面の z 座標の値に、図 30 に示したオリジナルト

リック面の z 座標の値を加えて眼球側の面 2 を形成した累進屈折面を備えたレンズ 19 を示してある。また、図 16 にこのレンズ 19 の非点収差図を示し、図 17 にこのレンズ 19 の眼球側の面 2 の z 座標を示してある。オリジナル累進屈折面の z 座標の値に、オリジナルトーリック面の z 座標の値を加えることによっても視力補正特性および乱視矯正特性を備えた累進屈折面を形成することは可能である。しかしながら図 16 から判るように、上述した合成式 (5) を用いない場合は、図 29 に示した従来の乱視矯正用の累進多焦点レンズと同等の非点収差を得ることが難しく、従来の乱視矯正用の累進多焦点レンズと全く同等の視力の補正と乱視矯正能力は得にくいことが判る。

この様子は、図 18 に示したそれぞれの累進多焦点レンズの主注視線 14 に沿った非点収差の変化にも現れている。図 18 には、図 29 に示した従来の乱視矯正用の累進多焦点レンズ 1 の主注視線 14 に沿った非点収差の絶対値を黒丸の破線 31 で示してあり、合成式 (5) を用いて形成した図 11 の乱視矯正用の累進多焦点レンズ 10 の主注視線 14 に沿った非点収差の絶対値を黒丸の実線 32 で示してある。本図から判るように、合成式 (5) を用いて眼球側の面 2 を合成した本例の累進多焦点レンズ 10 においては、主注視線のほぼ全域にわたって従来の累進多焦点レンズ 1 と同様に、乱視矯正を目的とした視力補正能力を害することのない 2D の非点収差が非常に安定して確保できている。これに対し、オリジナル累進屈折面の座標にオリジナルトーリック面の座標を単純に加えた図 16 のレンズ 19 の累進屈折面においては、図 18 に黒四角の破線 33 で示すように、主注視線に沿って乱視矯正を目的とした 2D の非点収差が得られてはいるが、合成式 (5) を用いたレンズ 10 に比較すると安定した非点収差を確保することが難しくなっている。特に、レンズ 19 の周辺部において非点収

差の変動が大きく、乱視矯正用の非点収差を確保することが難しい。

また、非点収差の変動も比較的大きいので、合成式(5)を用いて製造した累進多焦点レンズ10と比較すると主注視線に沿って眼球を動かした際に像が揺れたり歪みやすい。このように、合成式(5)を用いてオリジナル累進屈折面とオリジナルトーリック面とを合成することにより、いっそう快適で揺れの少ない視野の確保された累進多焦点レンズを提供できることが判る。

なお、上記では、レンズの上下方向(AXIS 90度)にトーリック面の球面屈折力を設定した処方を施した場合(すなわち、レンズの左右方向にトーリック面の円柱屈折力を設定した処方を施した場合)を例に示しているが、本発明はこれに限定されないことはもちろんである。すなわち、xy軸の方向は上述した方向にかぎらず、適當な方向に設定できることができ、その座標系で上述した処理を行うことができる。例えば、レンズの左右方向にトーリック面の球面屈折力を設定した処方を施す場合であっても、それに合わせてxy座標のx軸とy軸の方向を上記に示した例に対しそれぞれ左に90度回転させる操作を施すだけで本実施例の式(5)を用いた合成方法を適用することができる。さらに、レンズの任意の方向(斜めの方向を含む)にトーリック面の球面屈折力を設定した処方を施す場合であってもxy座標のx軸とy軸の方向を上記に示した例に対しそれぞれ左に α 度(α は0~360度の任意の角度)回転させる操作を施すだけで本実施例の式(5)を用いた合成方法を適用できる。

このような場合には、まず、実施例1に示すような乱視矯正能力をもたない累進屈折面(オリジナル累進屈折面)を決定する工程を行うことは上述した通りである。そして、その後の式(5)の計算にあつては、オリジナル累進屈折面を表現する座標系とトーリック面を表現

する座標系と同じ座標系を用いる必要がある。従って、乱視矯正能
力を持たないオリジナル累進屈折面の決定にあたっては、トーリック
面の表現に合致した座標系、すなわち、トーリック面の球面屈折力を
設定した方向を加味して上記の例に対し左に α 度回転した座標系を用
いて、乱視矯正能力を持たないオリジナル累進屈折面を表現できるよ
うにすることが計算を簡便にする点から望ましい。

[その他の実施例]

図19から図24に、他の条件で本発明の合成式(5)を用いて乱
視矯正用の累進多焦点レンズ10を形成した例を示してある。図19
は、オリジナル累進屈折面5とオリジナルトーリック面6が最も球面
に近い状態のものを合成式(5)で合成して形成した本発明の累進多
焦点レンズ10の非点収差を示してある。本例の累進多焦点レンズ1
0は、球面屈折力Sが0.00D、円柱屈折力Cが-0.25D、乱
視軸45度および加入度Paが0.50Dで設計されており、図20
に同じ条件で設計された従来の累進多焦点レンズ1の非点収差を示し
てある。図19および図20を比較して判るように、合成式(5)を
用いることにより、従来の累進多焦点レンズ1とほぼ同等の非点収差
を持った累進多焦点レンズ10が得られており、視力の補正と乱視矯
正の能力については従来と同等の性能を持った累進多焦点レンズを得
ることができる。さらに、本例の累進多焦点レンズ10は、眼球側の
面2に累進屈折面5とトーリック面6の機能を発揮する曲率を付与し
てあるので、物体側の面3はベースカーブが一定した球面にすること
ができる。従って、上述した実施例と同様に遠用部と近用部との倍率
差を小さくでき、また、累進部の倍率変動も小さくできるので像の揺
れや歪みの少ない快適な視野をユーザーに提供することができる。

この例においても、オリジナル累進屈折面とオリジナルトーリック面の z 座標の値を単純に加算して眼球側の面 2 を形成したレンズ 19 の非点収差を図 21 に示してある。この図に示した非点収差の状態を図 19 および図 20 の非点収差の状態と比較すると、合成式 (5) を用いることにより、非点収差においては従来の累進多焦点レンズ 1 と同様の性能を備えたレンズを提供できることが判る。従って、本発明により像の揺れや歪みを小さくできるので、従来の累進多焦点レンズに比べいっそう快適に眼鏡レンズとして装着できる累進多焦点レンズを提供することができる。

10

図 22 は、オリジナル累進屈折面 5 とオリジナルトーリック面 6 が最も球面から離れた状態のものを合成式 (5) で合成して形成した本発明の累進多焦点レンズ 10 の非点収差を示しており、合成された眼球側の面 2 の z 座標の変動が最も大きくなる本発明の累進多焦点レンズの例である。本例の累進多焦点レンズ 10 は、球面屈折力 S が 0. 00 D、円柱屈折力 C が -6. 00 D、乱視軸 45 度および加入度 P_a が 3. 50 D で設計されており、図 23 に同じ条件で設計された従来の累進多焦点レンズ 1 の非点収差を示してある。図 22 および図 23 を比較して判るように、合成式 (5) を用いることにより、本例においても従来の累進多焦点レンズ 1 とほぼ同等の非点収差を持った累進多焦点レンズ 10 を得ることができる。このように、本発明の合成式 (5) は、加入度 P_a が 0. 5 ~ 3. 5 D の累進屈折面 5 と、円柱屈折力 C が 0. 25 ~ 6. 00 D のトーリック面 6 の全ての範囲の面を合成するのに有効である。従って、本発明の合成式 (5) を用いることにより、眼球側の面 2 に累進屈折面を備え、像の揺れや歪みが大幅に改善された乱視矯正用の累進多焦点レンズを提供することができ

る。

この例においても、図24に累進屈折面とトーリック面のz座標を加算して眼球側の面2を形成したレンズ19の非点収差を示してある。本図から判るように、本例においてもオリジナル累進屈折面とオリジナルトーリック面のz座標を加えたレンズと比較し、合成式(5)を用いることにより、より非点収差の改善された内面累進多焦点レンズを得ることができる。

以上に説明したように、本発明の累進多焦点レンズにおいては、累進屈折面を眼球側の面に設定することにより、物体側の面を非球面とせざるを得ない設計から開放し、物体側の面をベースカーブが一定の球面で構成できるようにしている。従って、物体側の面に起因するシェーブ・ファクター M_s による倍率 M_s の変動を防止することができるので、遠用部と近用部の倍率差を低減することが可能になる。このため、近年、累進屈折面の設計技術が進み、累進多焦点レンズに現れる非点収差を改善することにより像の揺れや歪みが限界まで抑制された状況の中で、本発明により、さらに遠用部と近用部との倍率差に起因する像の揺れや歪みを改善できる累進多焦点レンズを提供することができる。特に、遠用部と近用部の屈折力の差の大きな加入度の高い累進多焦点レンズにおいて、本発明の累進多焦点レンズを用いることにより、像の揺れや歪みを大幅に改善することができる。従って、本発明により、像の揺れや歪みに悩まされている加入度の大きな累進多焦点レンズのユーザーに対し快適な視野を提供することが可能になる。

また、本発明においては、眼球側の面に累進屈折面と乱視矯正用のトーリック面を合成して所定の性能を発揮できる合成式を提供してお

り、この合成式を用いることにより、乱視矯正用の累進多焦点レンズにおいても、累進屈折面を眼球側の面に設けて像の揺れや歪みを改善することができる。従って、本発明により、乱視矯正の有無に係わらずユーザーに対し揺れや歪みが抑制された快適な視野を提供できる累進多焦点レンズを実現することができる。本発明の合成式を用いることにより、本発明の累進多焦点レンズを、これまでのどのような累進面設計のレンズに対しても適用でき、揺れや歪みの改善といった本発明の効果を得ることができる。従って、従来、物体側の面に累進屈折面が設けられて市販されていた累進多焦点レンズのシリーズを全て眼球側に累進屈折面を設けたシリーズとして置き換えて市販することが可能であり、全てのユーザーに対して快適で明るい視野を提供することができる。

さらに、本発明の累進多焦点レンズにおいては、眼球側の面に累進屈折面およびトーリック面を設定できるので、物体側の面を自由な目的で使用することができる。上述したように、物体側の凸面をベースカーブの一定したファッショナブルな球面として像の揺れや歪みを防止するとともにファンション性に富んだ眼鏡レンズを提供することができる。また、レンズ全体の非点収差を改善するために、物体側の凸面を回転軸対称な非球面とすることも可能である。特開平2-289818号には、物体側の凸面として、回転軸対称の対称軸の少なくとも近傍においては対称軸からレンズ外周方向に曲率が実質的に増加する非球面状の凸面を採用することにより、レンズの縁厚を薄くでき、これと共に非点収差を改善できることが開示されている。このような回転軸対称非球面の凸面を本発明の累進多焦点レンズの凸面に採用することも可能である。さらに、物体側の凸面としては球面または回転軸対称な非球面に限定されるものではなく、非点収差などのレン

ズの光学的な性能をさらに向上させるための非球面、ユーザーの個性に合ったファッショナブルな非球面を物体側の凸面を設けることも可能である。このように、本発明により、累進多焦点レンズとしての光学的な性能にファッショナブルな個性を与えるための非球面を凸面に設けることも可能である。従って、本発明の累進多焦点レンズを眼鏡レンズに加工することにより、累進多焦点レンズとしての光学的な性能にファッショナブルな個性の主張を加味した眼鏡レンズを提供することも可能であり、さらに眼鏡レンズの物体側の面の用途を様々に広げることができる。

なお、本明細書に記載した好ましい実施例は例示的なものであり、限定的なものでないことはもちろんである。本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲によって示すものであり、本発明の精神および範囲内に含まれる全ての変形例は本発明の請求の範囲に含まれるものである。

15

産業上の利用可能性

本発明は、眼鏡レンズとして用いられる累進多焦点レンズに関するものであり、本発明により、従来の累進多焦点レンズと同等に老視補正機能と乱視矯正機能に加えて、遠用部と近用部の倍率差の少ない、
20 ユーザーに対し像の揺れや歪みが大幅に低減された明るく快適な視野を提供できる累進多焦点レンズを実現できる。

請 求 の 範 囲

1. 異なる屈折力を備えた遠用部および近用部と、これらの間で屈折力が累進的に変化する累進部とを備えた視力補正用の累進多焦点レンズにおいて、

この累進多焦点レンズの眼球側の面に前記遠用部、近用部および累進部を構成するための累進屈折面の曲率が付加されていることを特徴とする累進多焦点レンズ。

10 2. 請求項1において、前記累進多焦点レンズの物体側の面が球面であることを特徴とする累進多焦点レンズ。

3. 請求項1において、前記累進多焦点レンズの物体側の面が回転軸対称非球面であることを特徴とする累進多焦点レンズ。

15

4. 請求項1において、前記累進多焦点レンズの物体側の面が回転対称な面であり、前記遠用部から近用部に向かって延びる主注視線を有し、前記遠用部の前記主注視線の近傍の前記眼球側の面の平均面屈折力D1と、前記近用部の前記主注視線の近傍の前記眼球側の面の平均面屈折力D2と間に次の関係があることを特徴とする累進多焦点レンズ。

$$0.5 \leq (D_1 - D_2) \leq 3.5 \quad \dots \quad (A)$$

5. 請求項1において、前記遠用部から近用部に向かって延びる主注視線を有し、この主注視線に沿った前記累進屈折面の曲率は、前記遠用部と比較し前記近用部の方が小さいことを特徴とする累進多焦点

レンズ。

6. 請求項 1において、前記遠用部から近用部に向かって延びる主注視線を有し、前記遠用部を構成するための前記累進屈折面の曲率は
少なくとも 1 部の領域で、前記主注視線から離れるに従って小さくなることを特徴とする累進多焦点レンズ。

7. 請求項 1において、前記遠用部から近用部に向かって延びる主注視線を有し、前記近用部を構成するための前記累進屈折面の曲率は
少なくとも 1 部の領域で、前記主注視線から離れるに従って大きくなることを特徴とする累進多焦点レンズ。

8. 請求項 1において、前記遠用部から近用部に向かって延びる主注視線を有し、前記主注視線を構成するための前記累進屈折面の曲率は、少なくとも 1 部の領域で、直交する 2 方向の曲率が等しいことを特徴とする累進多焦点レンズ。

9. 請求項 1において、前記眼球側の面が乱視矯正特性を有することを特徴とする累進多焦点レンズ。

20

10. 請求項 1において、前記眼球側の面に、乱視矯正用のトーリック面の曲率が付加されていることを特徴とする累進多焦点レンズ。

11. 請求項 1において、前記眼球側の面が円柱屈折力を有することを特徴とする累進多焦点レンズ。

- 3 4 -

12. 請求項1において、前記眼球側の面は、この眼球側の面が所望の視力補正特性を発揮することのみを目的として設定されたオリジナル累進屈折面と、前記眼球側の面が所望の乱視矯正特性を発揮することのみを目的として設定されたオリジナルトーリック面が合成された面であることを特徴とする累進多焦点レンズ。

13. 請求項12において、前記眼球側の面の任意の点P(X, Y, Z)における前記値Zが、前記オリジナル累進屈折面の近似曲率C_pと、前記オリジナルトーリック面のx方向の曲率C_xおよびy方向の曲率C_yとを用いて次の式で表されることを特徴とする累進多焦点レンズ。

$$Z = \frac{(C_p + C_x) X^2 + (C_p + C_y) Y^2}{1 + \sqrt{(1 - (C_p + C_x)^2 X^2 - (C_p + C_y)^2 Y^2)}} \quad \dots \quad (B)$$

14. ここで、前記点Pの位置を示す前記値X、YおよびZはx, yおよびz座標における値である。

14. 請求項1において、基底270度方向のプリズムが付加されていることを特徴とする累進多焦点レンズ。

20

15. 請求項1において、ディオプトリ単位で表された前記遠用部の頂点屈折力P_sと、この遠用部の頂点屈折力P_sと前記近用部の頂点屈折力との差である加入屈折力P_aと、前記累進多焦点レンズの物体側の面の屈折力P_bとの間に次の関係があることを特徴とする累進多焦点レンズ。

$$P_b > P_s + P_a \quad \dots \quad (C)$$

16. 請求項1に記載の累進多焦点レンズを眼鏡フレームの形状に合わせて玉型加工した眼鏡レンズ。

17. 請求項9に記載の累進多焦点レンズを眼鏡フレームの形状に合わせて玉型加工した眼鏡レンズ。

18. 請求項13に記載の累進多焦点レンズを眼鏡フレームの形状に合わせて玉型加工した眼鏡レンズ。

10

19. 異なる屈折力を備えた遠用部および近用部と、これらの間で屈折力が累進的に変化する累進部とを備えた視力補正用の累進多焦点レンズの製造方法であつて、

眼球側の面が所望の視力補正特性を発揮することのみを目的として
15 オリジナル累進屈折面を求める第1の工程と、

前記眼球側の面が所望の所望の乱視矯正特性を発揮することのみを目的としてオリジナルトーリック面を求める第2の工程と、

前記累進多焦点レンズの眼球側の面を、前記オリジナル累進屈折面および前記オリジナルトーリック面から求める第3の工程とを有する
20 ことを特徴とする累進多焦点レンズの製造方法。

20. 請求項19において、前記第3の工程では、前記累進多焦点レンズの眼球側の面の任意の点P(X, Y, Z)における前記値Zを、前記オリジナル累進屈折面の近似曲率C_p、前記オリジナルトーリック面のx方向の曲率C_xおよびy方向の曲率C_yとを用いて次の式で求めることを特徴とする累進多焦点レンズの製造方法。

- 3 6 -

$$Z = \frac{(C_p + C_x) X^2 + (C_p + C_y) Y^2}{1 + \sqrt{(1 - (C_p + C_x)^2 X^2 - (C_p + C_y)^2 Y^2)}} \quad \dots \quad (B)$$

ここで、前記点 P の位置を示す前記値 X、Y および Z は x、y および z 座標における値である。

21. 請求項 1 9において、前記累進多焦点レンズの物体側の面が球面であることを特徴とする累進多焦点レンズの製造方法。
22. 請求項 1 9において、前記累進多焦点レンズの物体側の面が前記累進多焦点レンズの縁厚を薄くする目的、または、前記累進多焦点レンズの非点収差を改善する目的の少なくともいずれかの目的を備えた回転軸対称非球面であることを特徴とする累進多焦点レンズの製造方法。

図 1

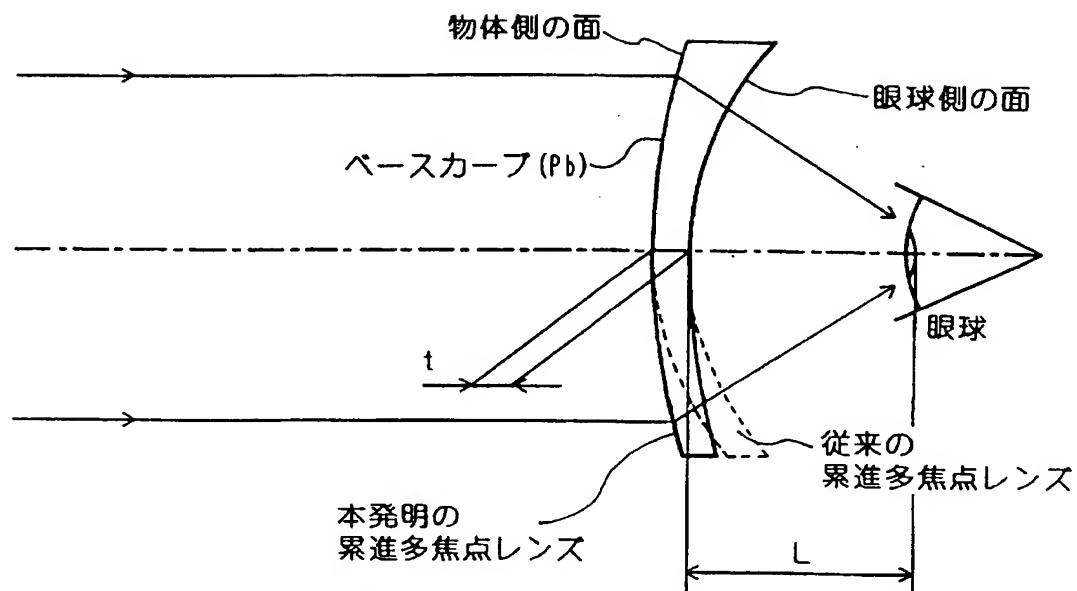


図 2

	凹面累進(本発明)	凸面累進(従来)
遠用の倍率	1. 047	1. 047
近用の倍率	1. 097	1. 108
遠近の倍率差	0. 050	0. 061

2 / 22

図3

加入度(D)	凹面累進(本発明)	凸面累進(従来)
0. 50	0. 008	0. 009
0. 75	0. 011	0. 013
1. 00	0. 015	0. 018
1. 25	0. 019	0. 022
1. 50	0. 023	0. 027
1. 75	0. 027	0. 032
2. 00	0. 031	0. 036
2. 25	0. 035	0. 041
2. 50	0. 039	0. 046
2. 75	0. 043	0. 051
3. 00	0. 048	0. 055
3. 25	0. 052	0. 060
3. 50	0. 056	0. 065

3 / 22

図 4

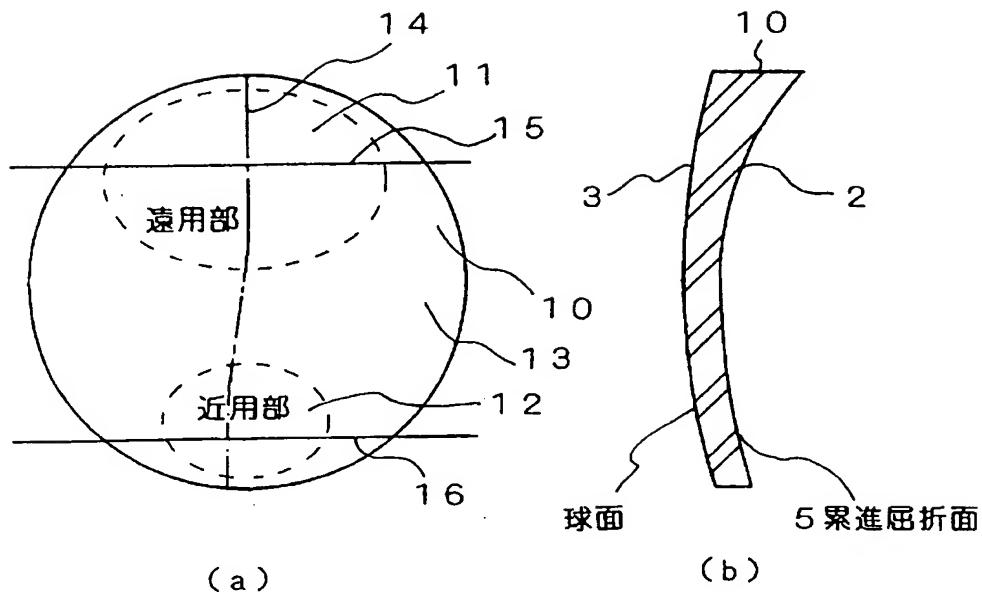
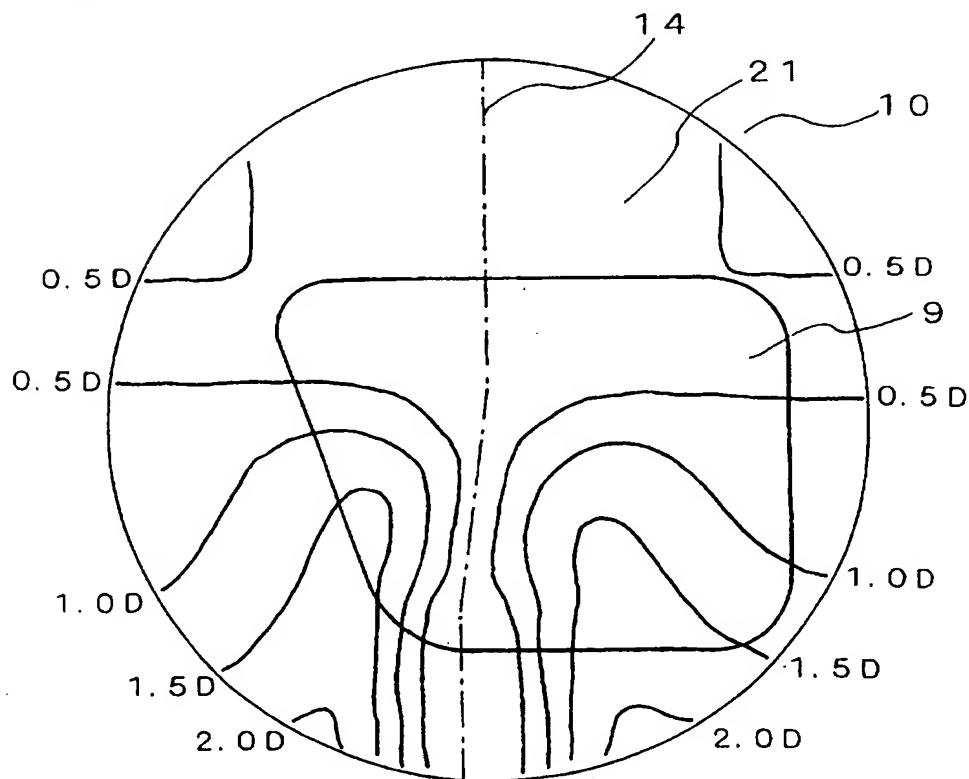
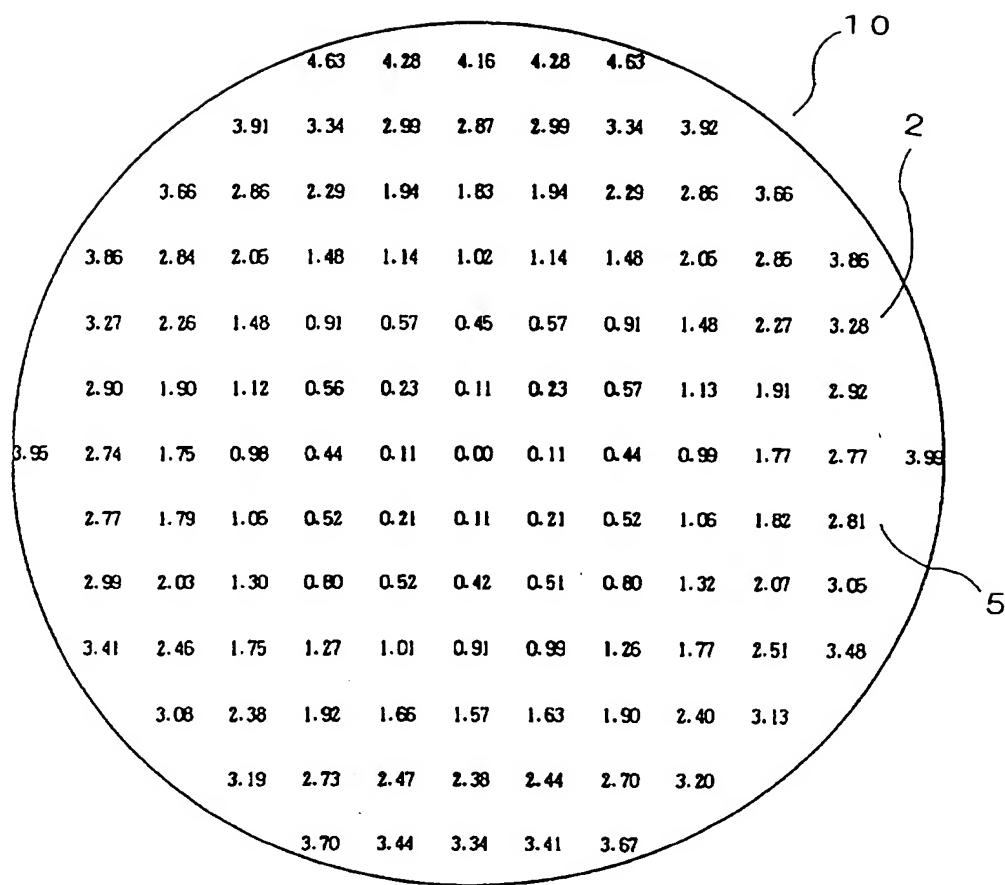


図 5



4 / 22

図 6



Z 座標 (mm)

5 / 22

図 7

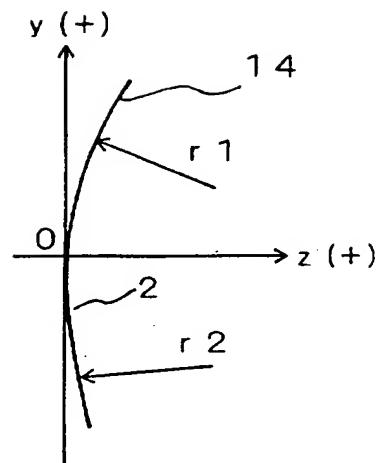
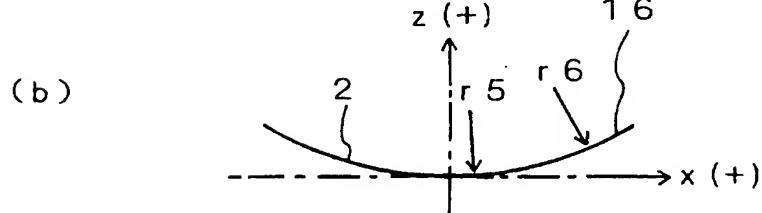
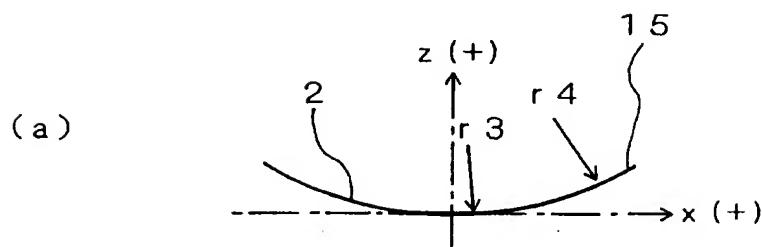
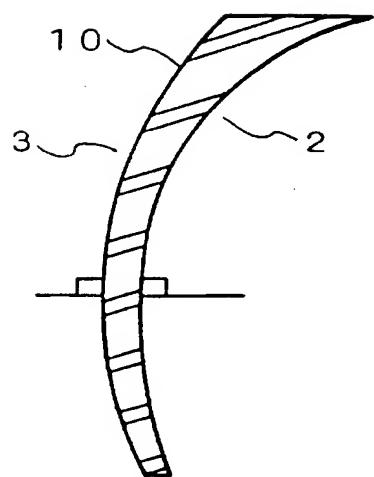


図 8

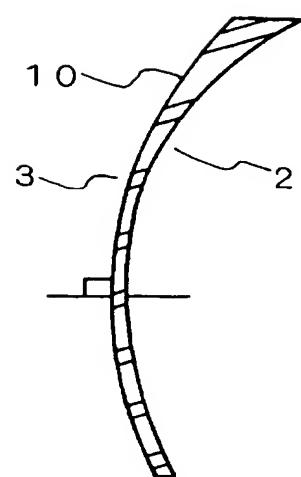


6 / 22

図 9



(a)



(b)

7 / 22

図 10

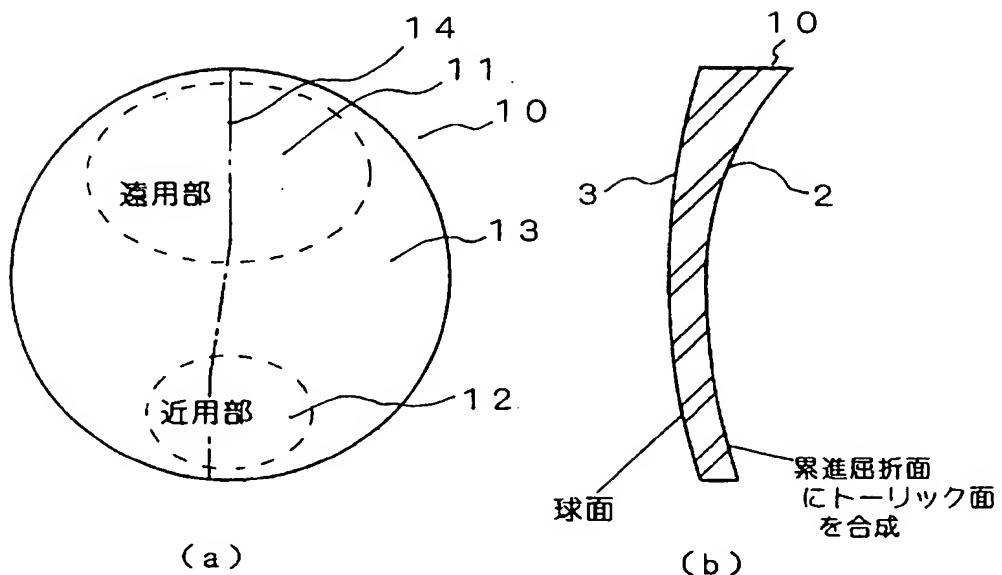
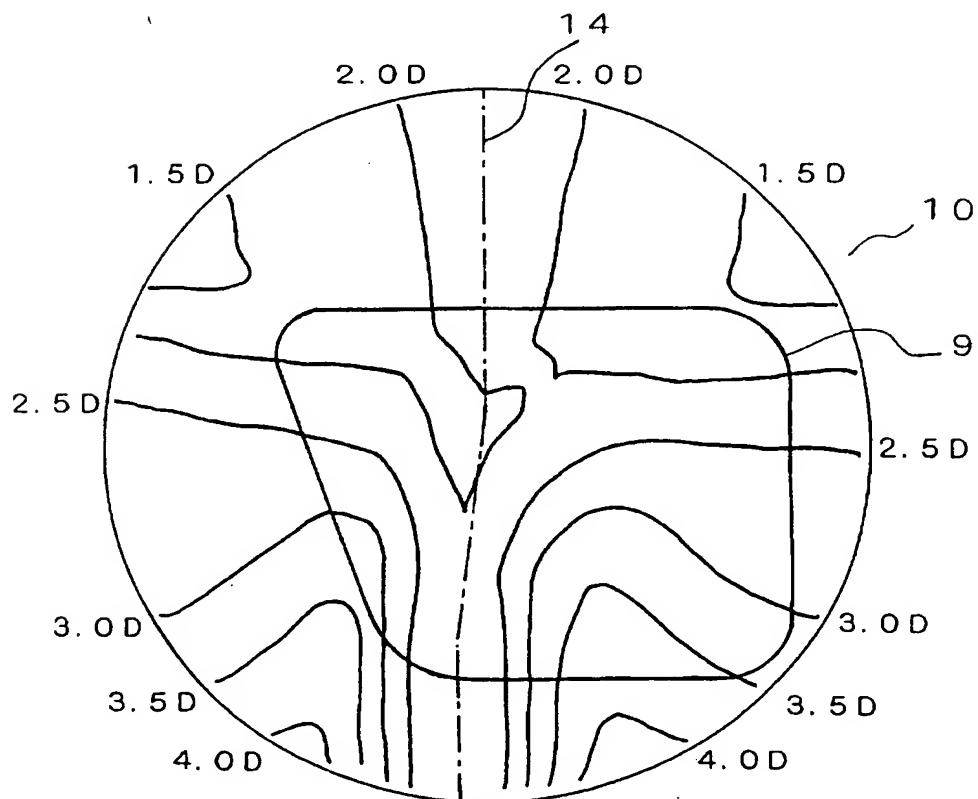
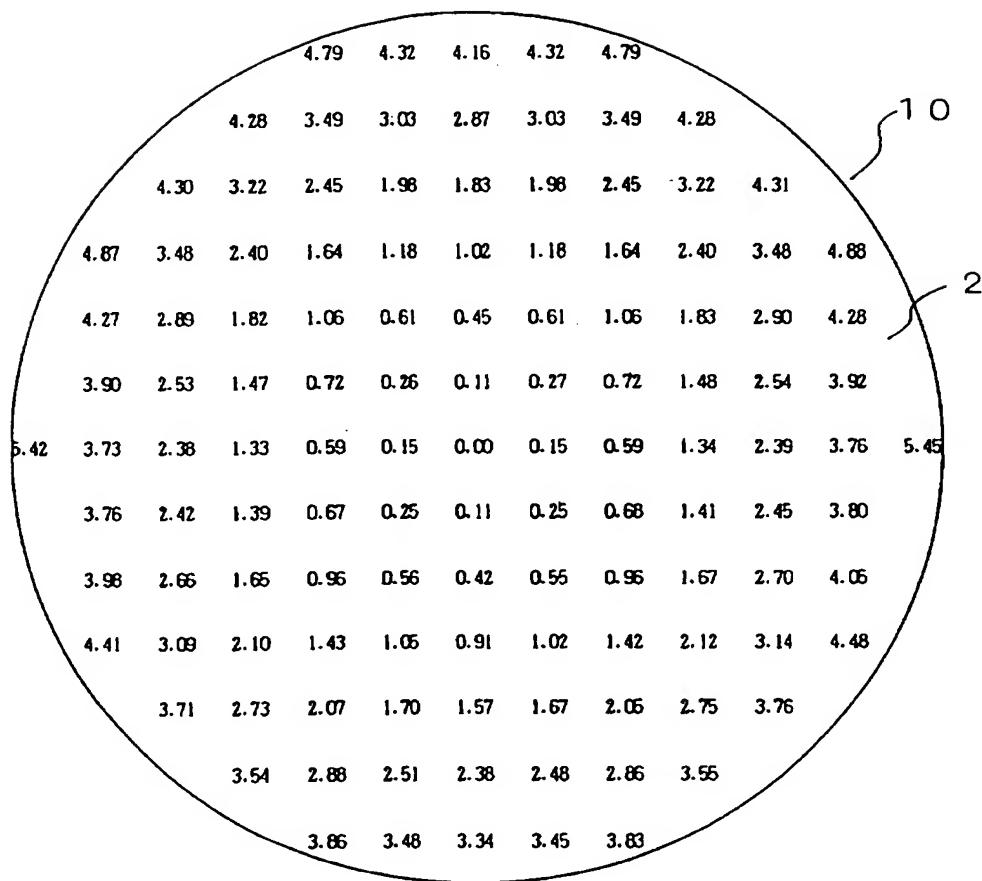


図 11



8 / 22

図 12



Z 座標 (mm)

9 / 22

図 13

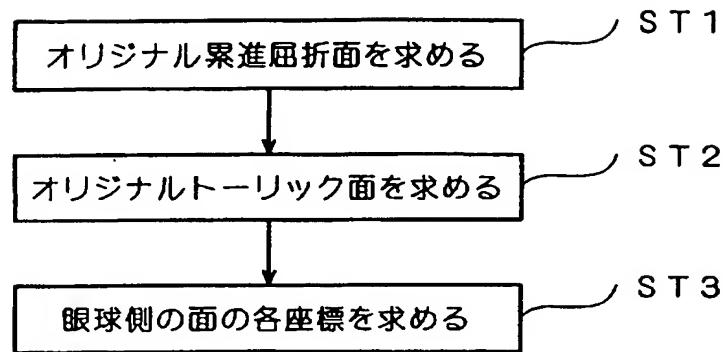


図 14

	凹面累進（本発明）		凸面累進（従来）	
	90度方向	180度方向	90度方向	180度方向
遠用の倍率	0.976	0.947	0.976	0.947
近用の倍率	1.007	0.976	1.011	0.980
遠近の倍率差	0.031	0.029	0.035	0.033

10 / 22

図 15

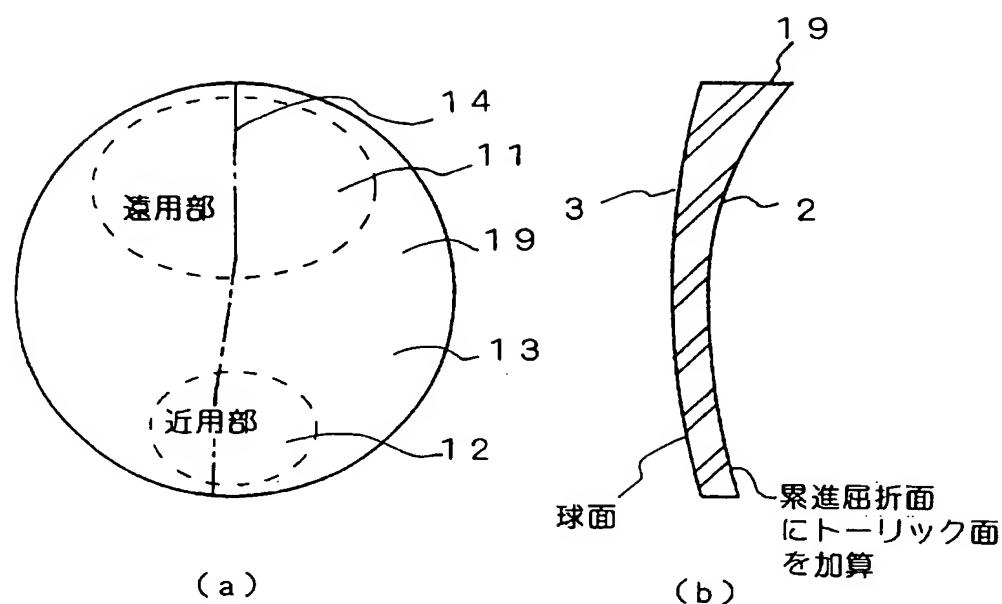
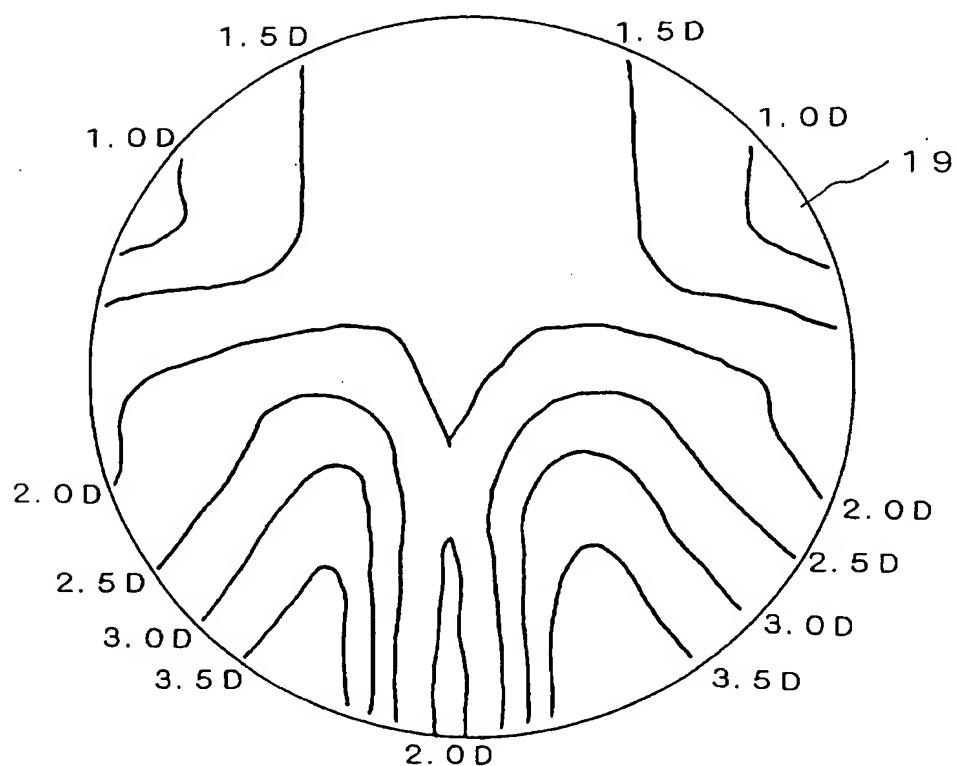
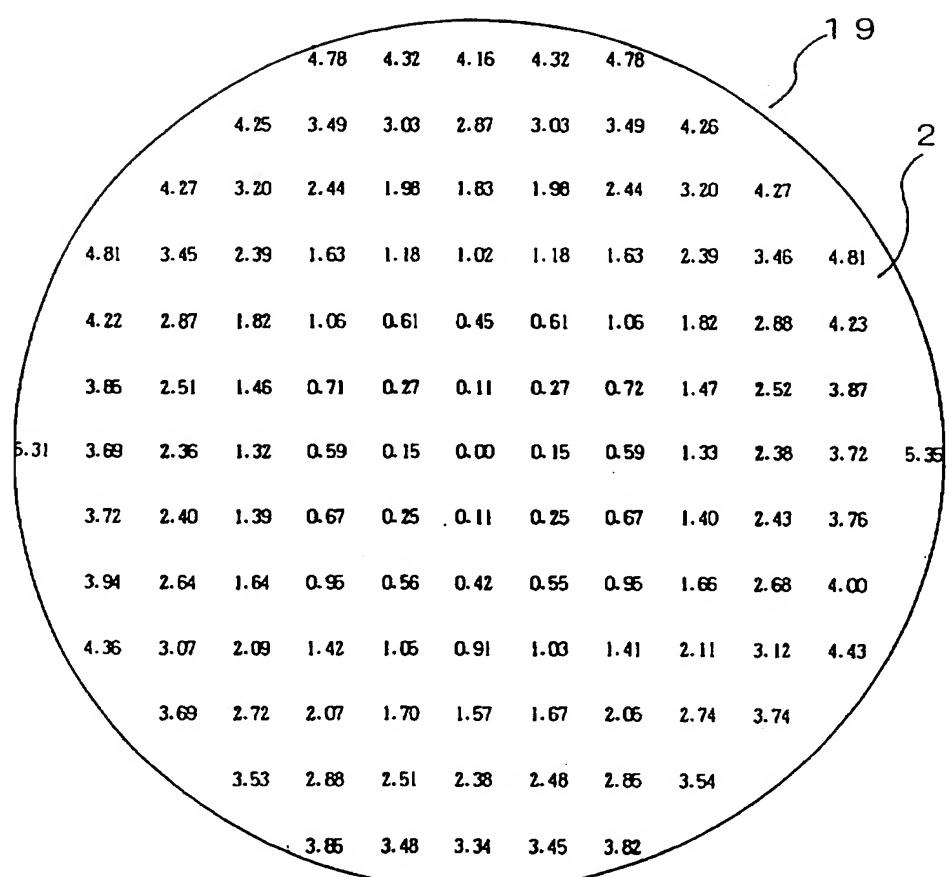


図 16



11 / 22

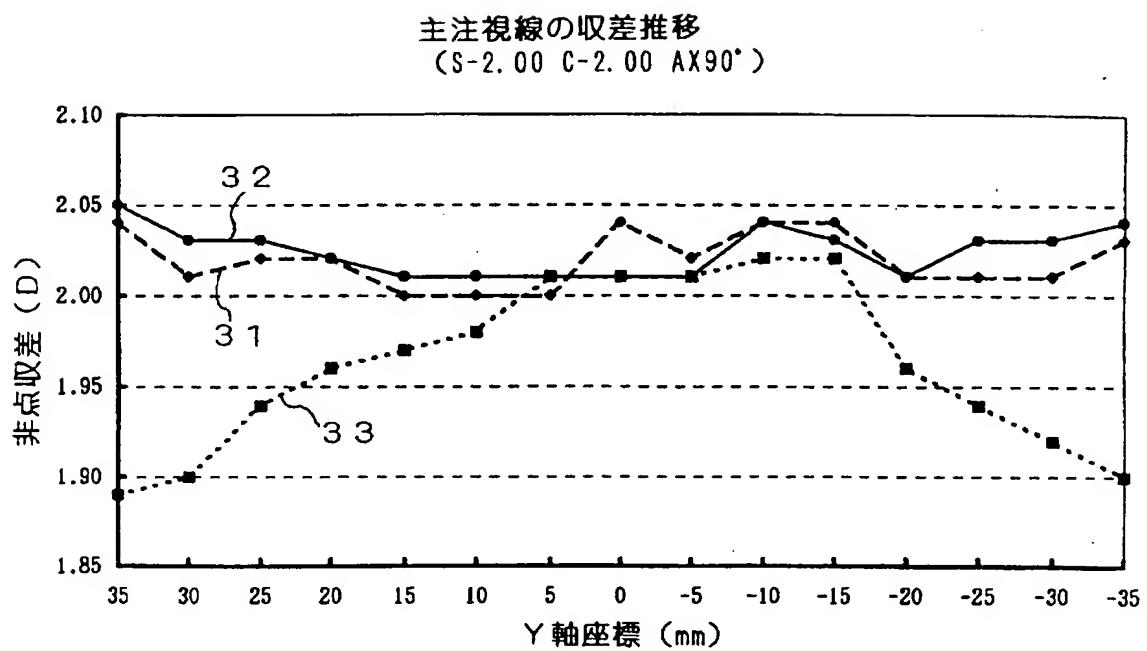
图 17



Z 座標 (mm)

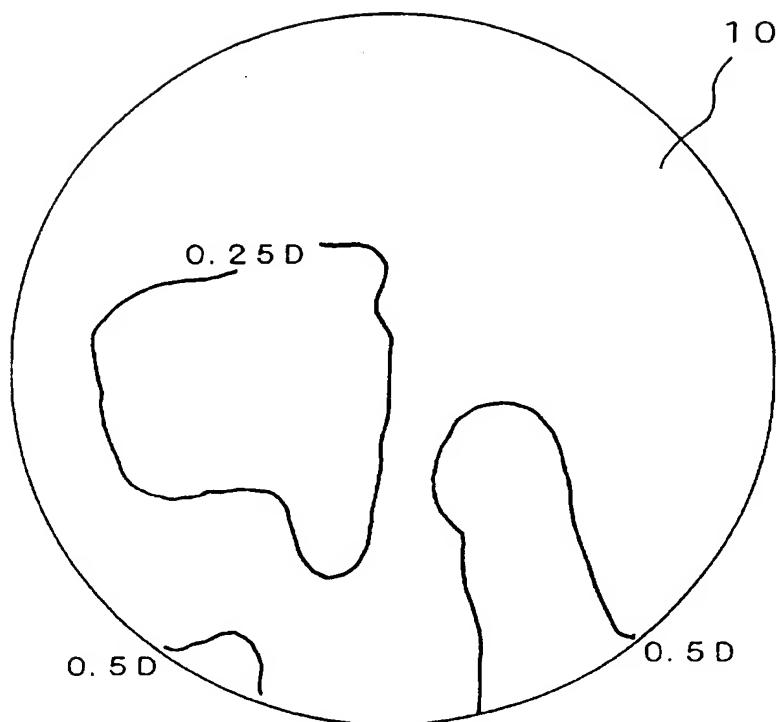
12/22

図18



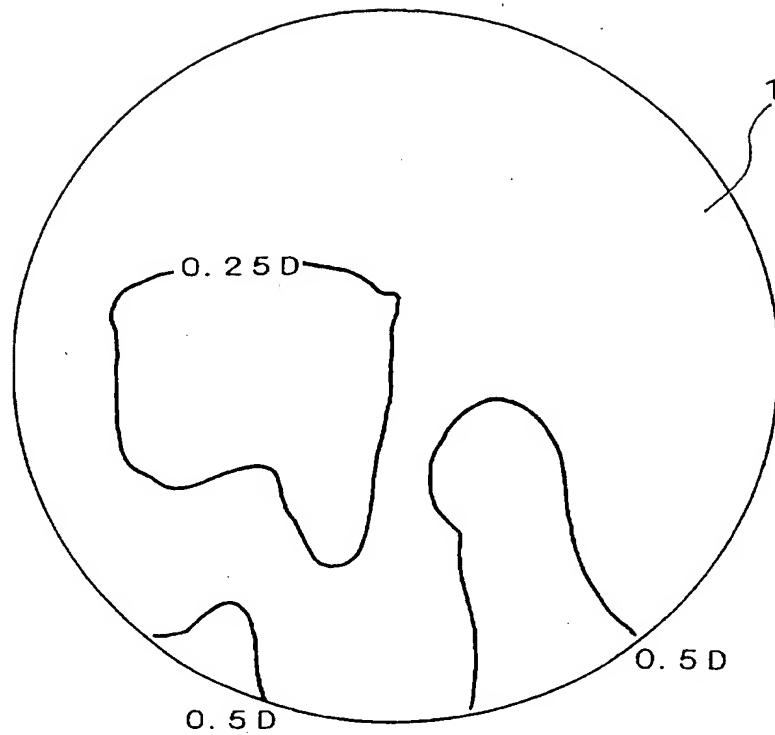
13/22

图 19



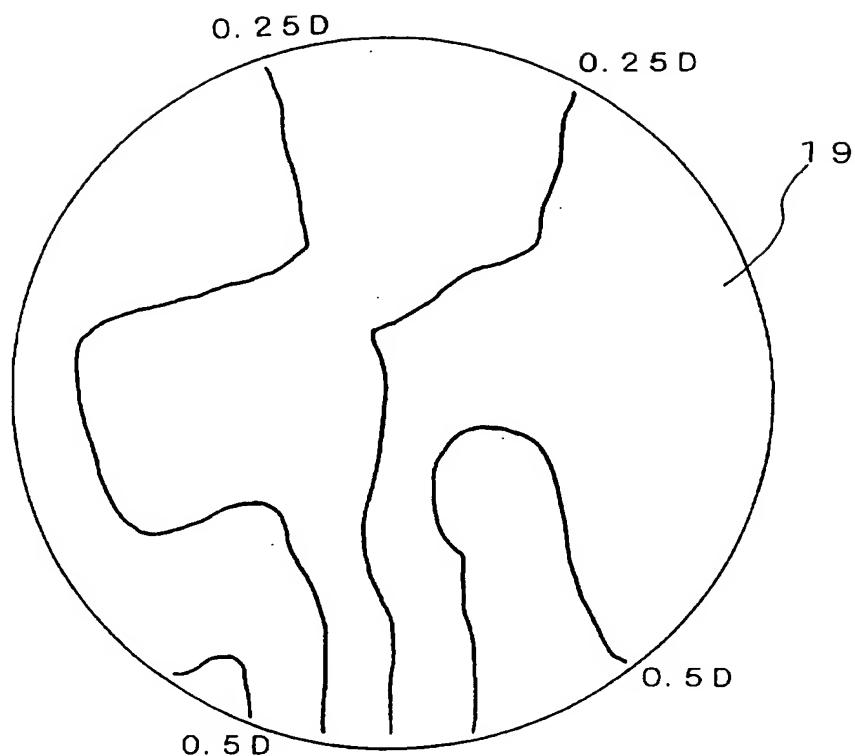
14/22

图 20



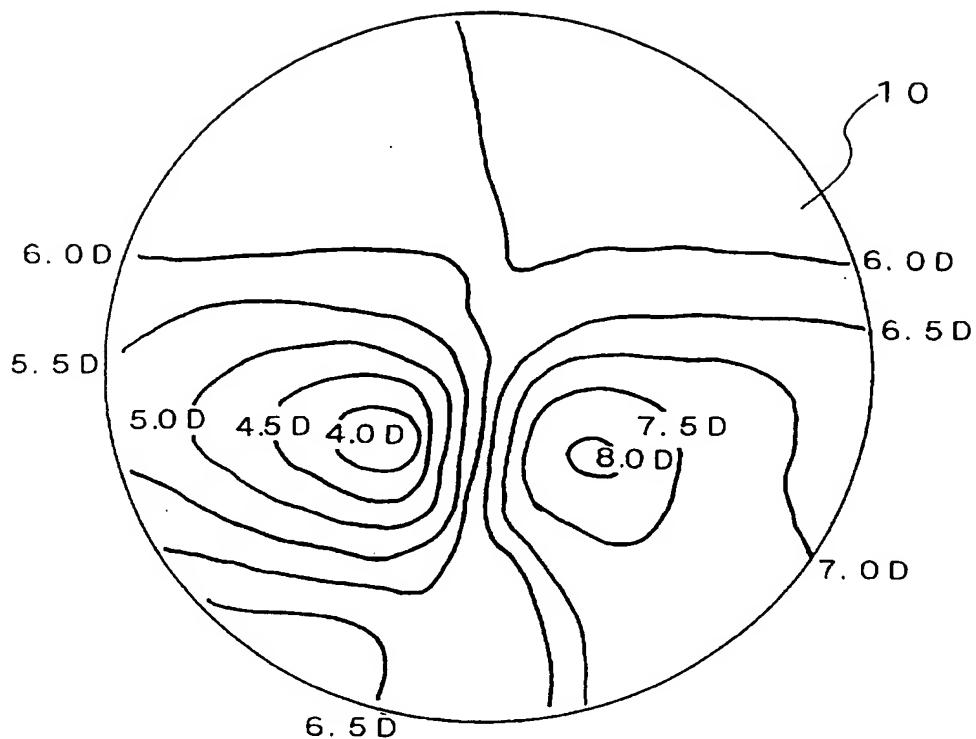
15 / 22

図21



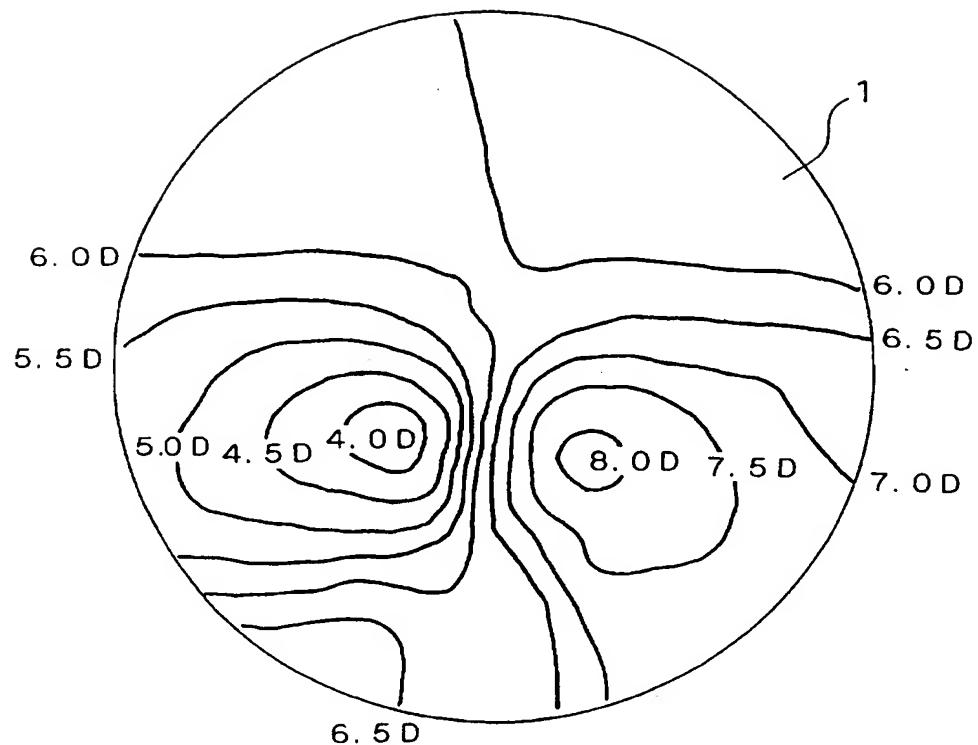
16 / 22

图 22



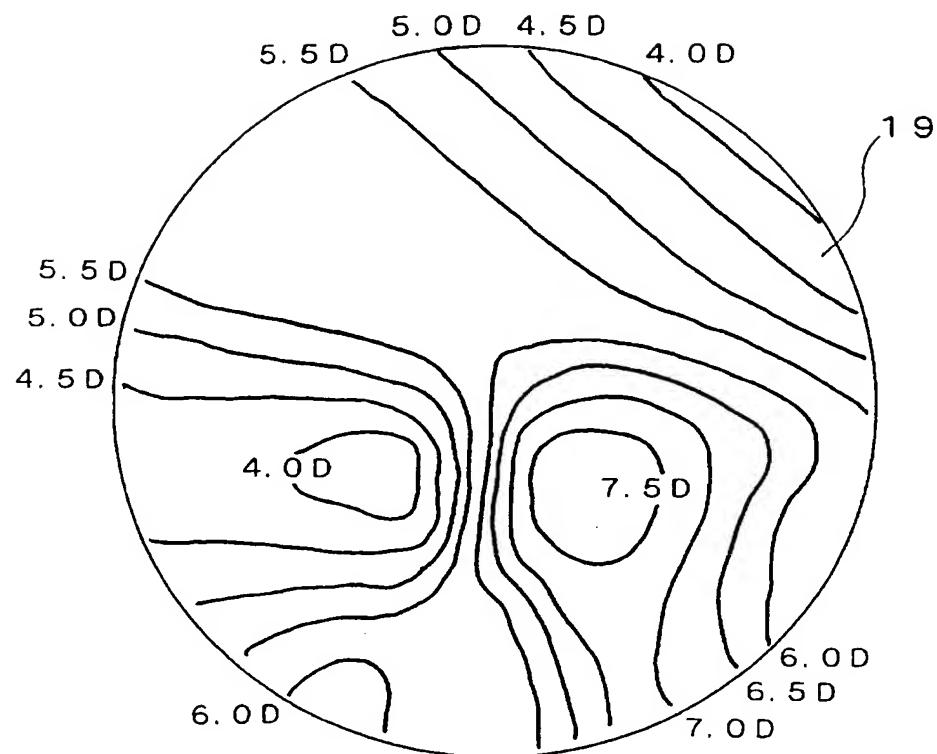
17/22

図23



18 / 22

図24



19 / 22

図25

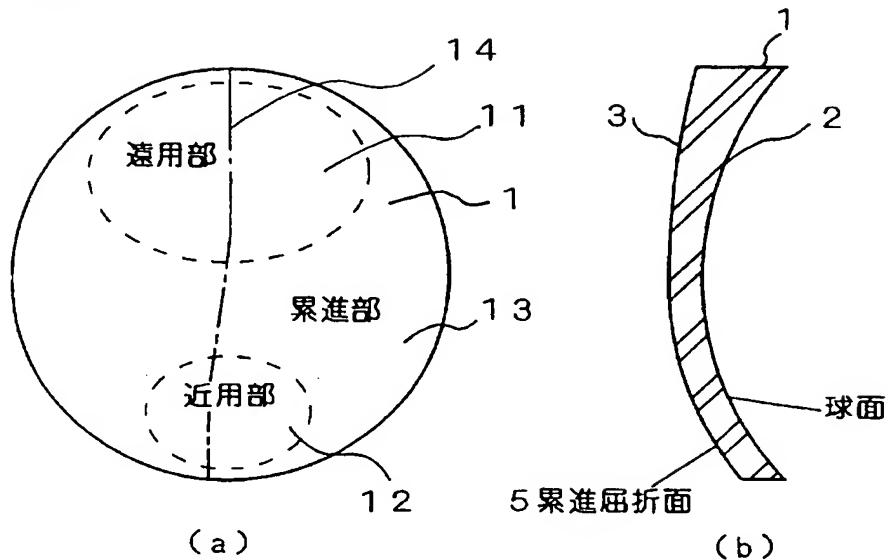
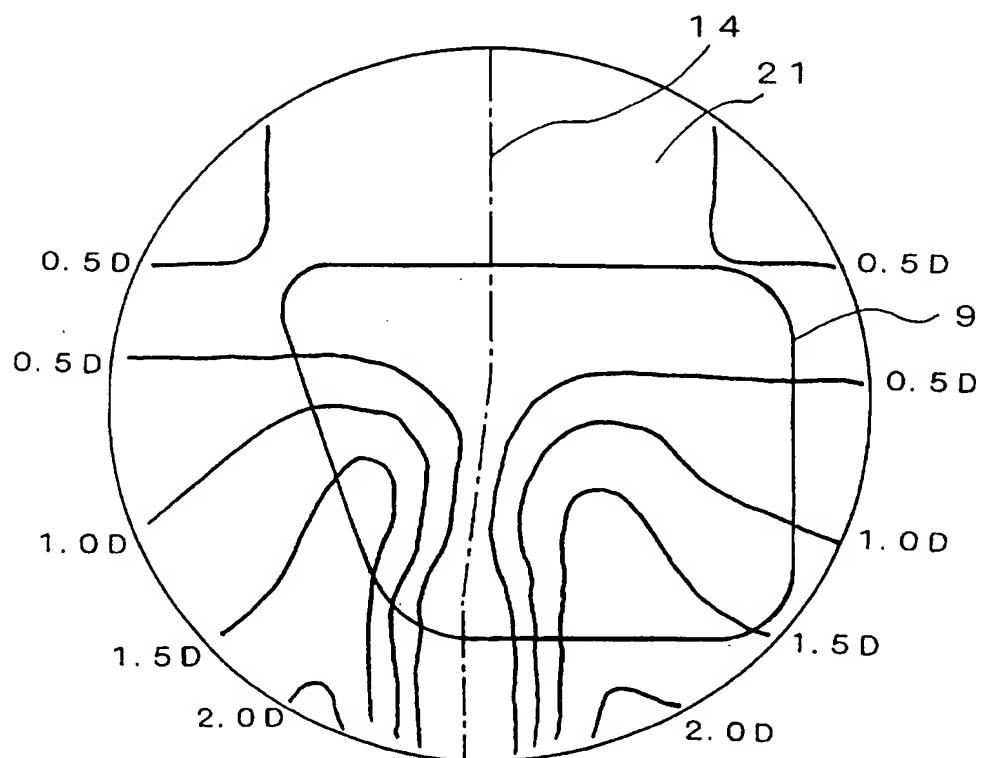
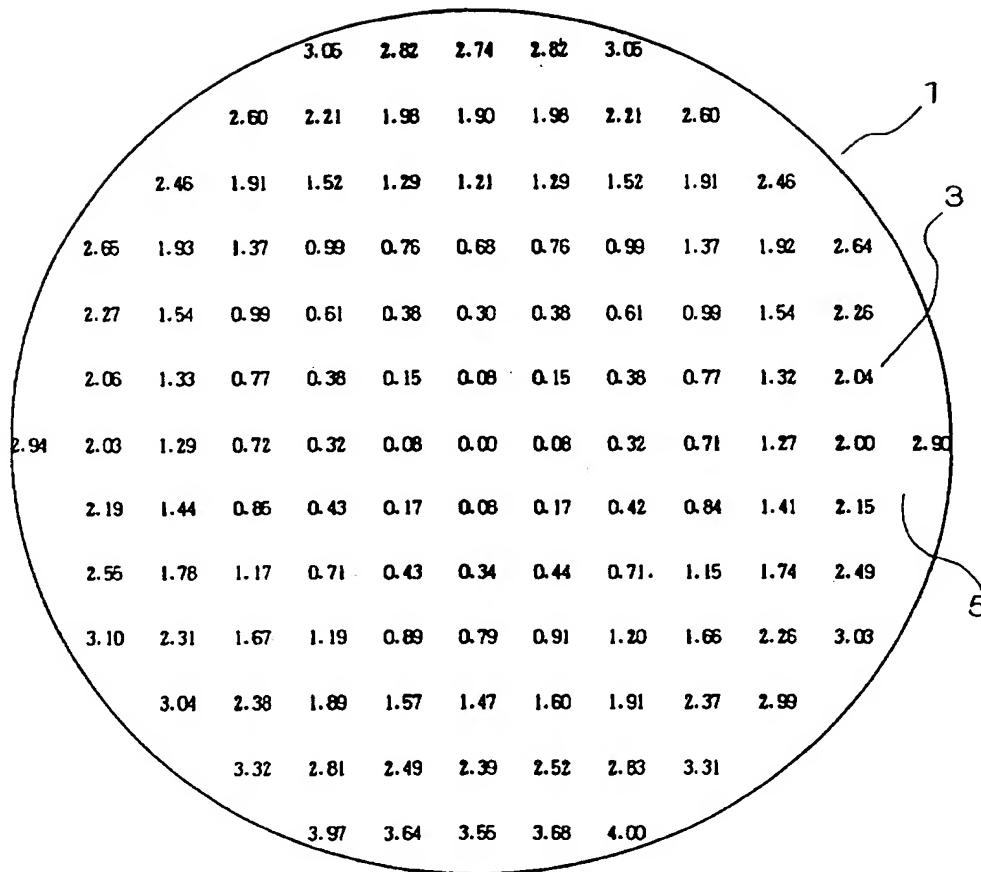


図26



20/22

図27



Z座標 (mm)

21 / 22

図28

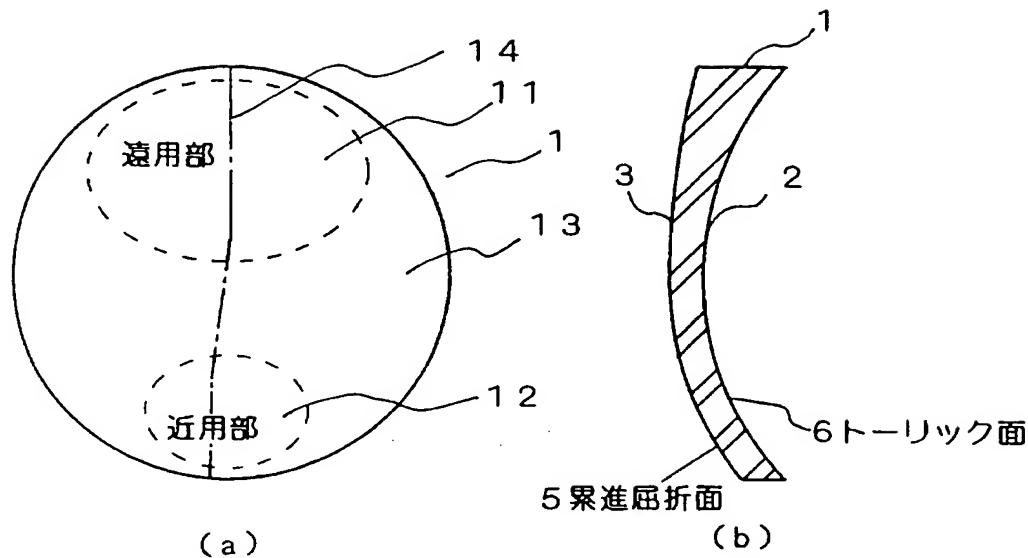
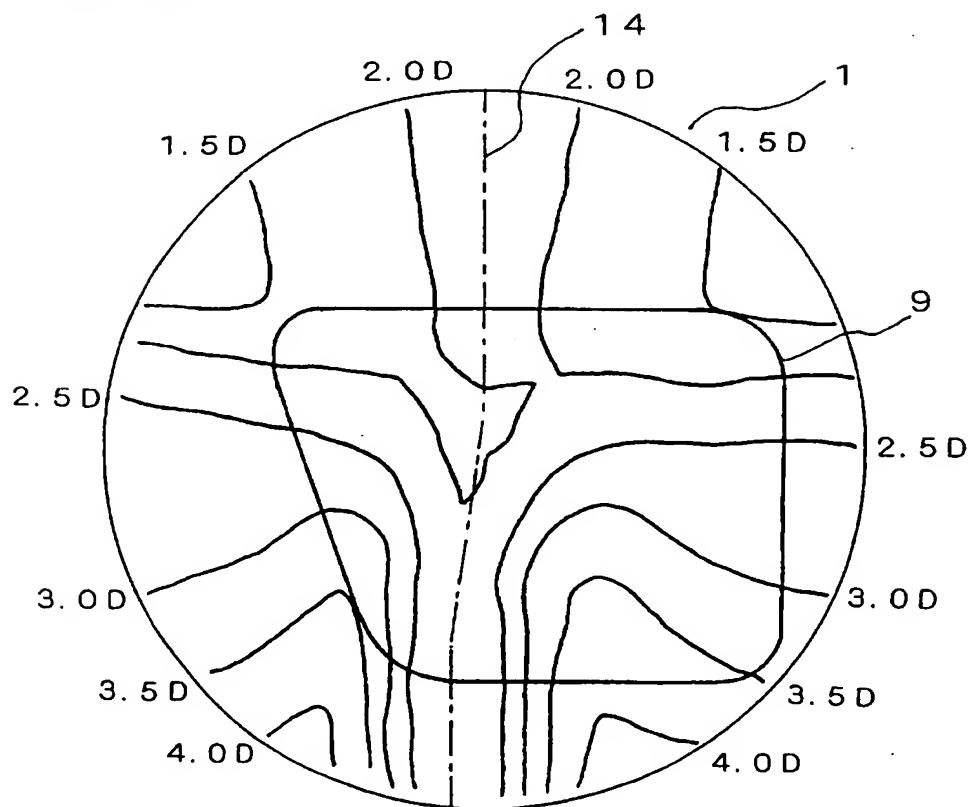
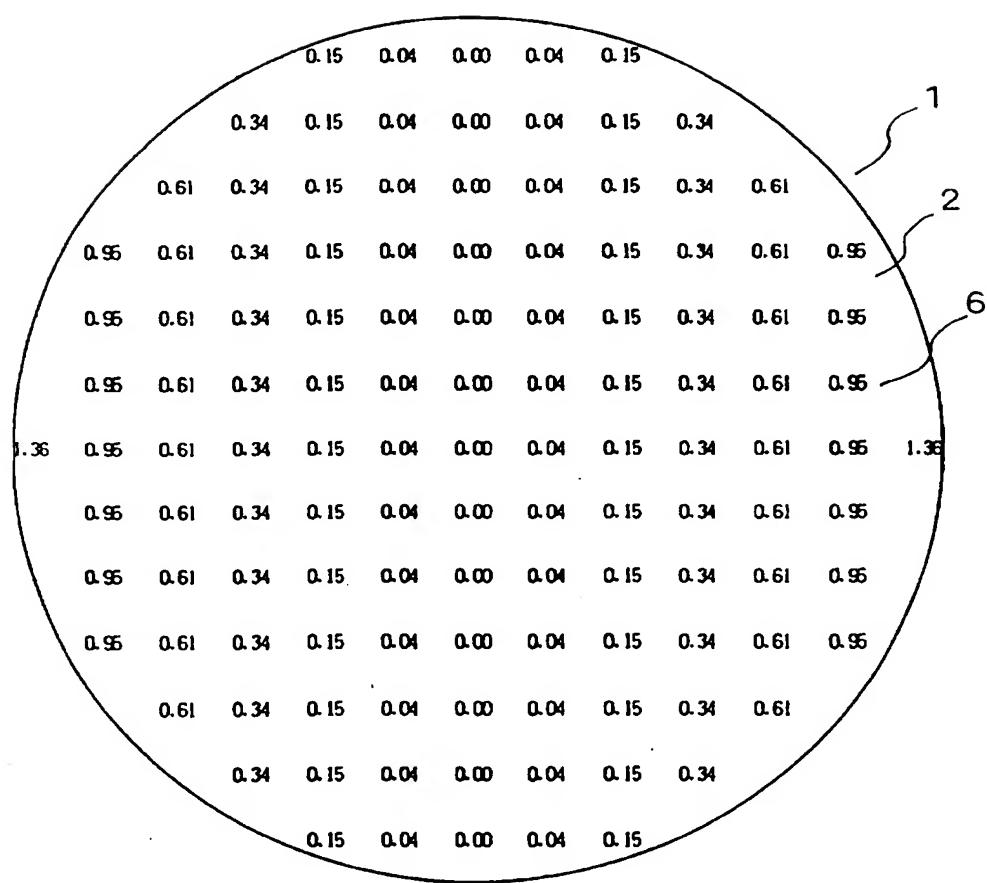


図29



22/22

図30



Z座標 (mm)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP96/02973

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ G02C7/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl⁶ G02C7/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926 - 1996
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971 - 1996
Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994 - 1996

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 06-118353, A (Kiyoshi Yamaguchi), April 28, 1994 (28. 04. 94) (Family: none)	1-3, 7, 16
Y	JP, 02-289818, A (Seiko Epson Corp.), November 29, 1990 (29. 11. 90) & EP, 371460, A2 & EP, 371460, A3 & US, 5050979, A & EP, 371460, B1 & DE, 68921432, C0 & DE, 68921432, T2	3, 7
Y	JP, 57-158829, A (Hoya Corp.), September 30, 1982 (30. 09. 82) & EP, 61918, A1 & AU, 8212482, A1 & AU, 534193, B2 & EP, 61918, B1	16

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

December 6, 1996 (06. 12. 96)

Date of mailing of the international search report

December 17, 1996 (17. 12. 96)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl⁶ G02C 7/06

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl⁶ G02C 7/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996

日本国公開実用新案公報 1971-1996

日本国登録実用新案公報 1994-1996

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P、06-118353、A (山口 喜吉) 28. 4月. 1994 (28. 04. 94) (ファミリーなし)	1-3, 7, 16
Y	J P、02-289818、A (セイコーエプソン株式会社) 29. 11月 1990 (29. 11. 90) & EP、371460, A2 & EP、371460, A3 & US、5050979, A & EP、371460, B1 & DE、68921432, C0 & DE、68921432, T2	3, 7
Y	J P、57-158829、A (株式会社保谷レンズ) 30. 9月. 1982 (30. 09. 82) & EP、61918, A1 & AU、8212482, A1 & AU、534193, B2 & EP、61918, B1	16

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06. 12. 96

国際調査報告の発送日

17.12.96

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

平井 聰子

2H 6605

電話番号 03-3581-1101 内線 3232